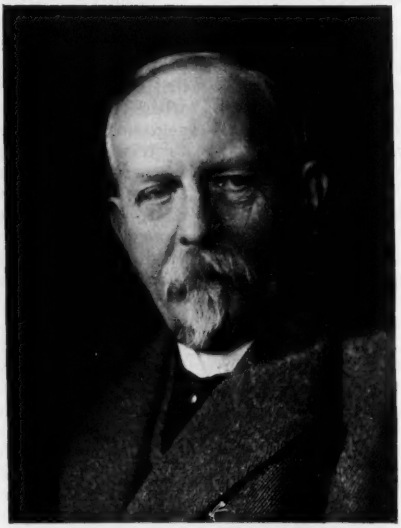
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 27. September 1940 | Heft 39

Waldemar Christofer Brögger.

W. C. BRÖGGER wurde in Oslo am 10. November 1851 geboren. Seit seinem Tode am 17. Februar 1940 erscheinen in naturwissenschaftlichen Zeitschriften aller Welt Gedächtnisschriften über ihn. Denn er war einer der größten Naturforscher aller Zeiten, und sein Ruhm wird leuchten, solange der Mensch die Erdkruste und ihre Geschichte studiert. Er war Naturforscher nach allen seinen Anlagen. Auf vielen verschiedenen Gebieten schuf er Grundlegendes, oft Bahnbrechendes. Die Petrographen verehren BRÖGGER als einen der Begründer ihrer Wissenschaft in modernem Sinne, aber sein Forschungsgebiet umfaßt dazu noch Mineralogie, Kristallographie und Mineralphysik, andererseits Tektonik, Stratigraphie, Paläontologie, Quartärgeologie, sogar Archäologie.



Das Leben BRÖGGERS war reich an Arbeit und Kampf für seine Ideale, reich an Freude des Forschens und des Schaffens. In seinen Arbeiten erscheint er außerordentlich lebendig, menschlich und offen. Bei der Reichhaltigkeit seiner Persönlichkeit und seiner Leistung wird erst eine ausführliche Biographie ihm voll gerecht werden können, beim Verfassen einer kurzen Gedächtnisschrift fühlt man vor allem die Schwierigkeit der Abgrenzung. Für einen Erforscher des Genies, wie WILHELM OSTWALD, wäre BRÖGGER ein dankbares und lehrreiches Objekt. Glücklicherweise hat BRÖGGER selbst in den Vorreden einiger seiner großen Werke reichliche autobiographische Angaben gemacht, und überhaupt enthalten seine Schriften viel Persönliches, was das Lesen derselben außerordentlich genußreich macht.

So beginnt seine petrographische Arbeit über die triadischen Eruptivgesteine von Predazzo mit der stimmungsvollen Schilderung eines Abends in einer tirolischen Weinstube nach einem wohlangewendeten Exkursionstag im Gebirge. Und in der Vorrede seiner großen quartärgeologischen Arbeit über die Niveauveränderungen im Oslofelde erzählt er, wie die Arbeitstage während der Felduntersuchung und des Sammelns der Fossilien frohe Festtage gewesen waren, denn er hatte seine zwei jungen Söhne mit, und diese nahmen eifrig an der Arbeit teil. Und er erzählt von dem Schlag, der ihn traf, hart und gewaltsam, als er hier den einen Jungen verlor. Es heißt da zuletzt (in Übersetzung):

„Und ebenso wie die reinste und tiefste Freude des Lebens in den Arbeitstagen dieses Sommers zusammengedrängt war, die nimmermehr zurückkommen werden, so ist es jetzt, da die Erinnerung daran vordrängt, indem die Frucht dieser Arbeitstage rund in die Welt geschickt wird, als ob die einzige übriggebliebene Freude in der sorgeerfüllten Widmung dieses Buches an ihn, meinen lieben Mitarbeiter, gesammelt wäre. Ein jeder, dem die Wissenschaft nicht nur dürre Blätter, sondern eine Frucht vom Baume des Lebens ist, wird verstehen, daß dieses Buch dem Gedächtnis des kleinen Hansemand gewidmet werden soll."

Die erste wissenschaftliche Arbeit BRÖGGERS ist eine rein zoologische Abhandlung über die Molluskenfauna des Oslofjordes (1872). Durch die Anregung des Geologieprofessors TH. KJERULF faßt er Interesse für die Geologie und wird 1875 Assistent an der Geologischen Landesanstalt Norwegens und 1878 Stipendiat an der Universität Oslo. 1881 zieht er nach Stockholm, einem Rufe als Professor an der eben gegründeten Hochschule folgend, 1890 kehrt er als Nachfolger KJERULFS nach Oslo zurück, ist 1907—1911 der erste Rektor der Oslo-Universität. Neben der intensiven Arbeit in vielseitigen organisatorischen Aufgaben, an dem Unterricht, der Gründung und Ausrüstung der neuen Institute an den beiden Hochschulen, als Abgeordneter im Reichstage 1906—1909 wird der wichtigste Teil seiner quantitativ wie qualitativ imponierenden wissenschaftlichen Produktion geschaffen. Schon 1917 tritt er zurück von seiner Professur, um seine gewaltige Arbeitskraft ganz der Wissenschaft widmen zu können, nicht nur mittels eigener Untersuchungen, sondern auch als hervorragendster Organisator der norwegischen Wissenschaft und Leiter der wissenschaftlichen Fonds, besonders des auf seine Initiative zustande

gebrachten Nansen-Fonds. Während 20 Jahre ist er Präses bzw. Vizepräses der Norwegischen Wissenschaftsakademie (1915—1935). Seine eigene Arbeit bringt noch reiche Früchte, und der Spätsommer seines Lebens dauert bis zum Alter von 85 Jahren. Er macht noch neue Funde in seinem lieben Oslofelde und anderswo in Südnorwegen, legt neue Ideen vor und bearbeitet früher gesammeltes Material. Erst in seinen spätesten Schriften spürt man stellenweise die Tragik des Alterns. Während der 5 letzten Lebensjahre wird der Altmeister immer seltener in seinem schönen Arbeitszimmer des von ihm selbst gebauten Töien-Instituts gesehen.

Schon vor dem Beginn seines Dienstes an der Geologischen Landesanstalt hatte Brögger eine Arbeit über die glazialen Riesenkessel ausgeführt (1874). In dieser Zeit fing er auch seine Forschungen über die altpaläozoischen Formationen des Oslogebietes an. 1878 erschien als deren erstes Ergebnis eine Abhandlung über die Paradoxides-Schiefer bei Krekling und 1882 seine grundlegende Arbeit: „Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker". Schon die erste Abhandlung brachte die Kenntnis der mittelkambrischen Lagerserien, der untersten im Oslofelde, auf eine neue Grundlage durch die eingehende Charakteristik der Fossilien. Im ersten Teil der zweiten Abhandlung wird die Beschreibung der Lagerserien nach oben hin fortgesetzt. Besonders zu erwähnen sind die eingehenden Fossilbeschreibungen einschl. solcher von zahlreichen neuen Arten und Gattungen, mit künstlerisch schönen und naturgetreuen Zeichnungen, die Brögger eigenhändig angefertigt hat. Die Lagerserien werden mit äquivalenten Horizonten anderer Länder verglichen, und manche rein paläontologische Fragen werden behandelt. Besonders findet Brögger auf Grund faunistischer Übergänge Stützen für die Entwicklungslehre.

Außer diesen Großwerken über das Oslogebiet veröffentlichte Brögger andere wichtige paläontologische und stratigraphische Arbeiten, in welchen teils die Forschungen weit über das Oslogebiet hinaus in das Trondheimgebiet und andere Kambrosilurgebiete Norwegens ausgedehnt, teils aber die in Norwegen gewonnenen Ergebnisse auf andere Länder oder auf Probleme allgemeiner Art angewendet wurden, wie in den Abhandlungen über das Alter der Olenelluszone in Nordamerika und über den Charakter des Hypostoms bei den Asaphiden.

Im zweiten Teil des Buches über die silurischen Etagen 2 und 3 behandelt Brögger die Tektonik, besonders den Faltenbau der Lagerserien des Oslofeldes. 1883 erscheint eine Abhandlung über Spaltenverwerfungen im Gebiete Langesund-Skien und 1886 sein tektonisches Hauptwerk „Die Bildungsgeschichte des Kristianiafjords". Indem er die stratigraphischen Horizonte, die beiderseits des Fjordes wegerodiert worden sind, genau zueinander in Bezug setzt, kann er die Größe der Verwerfungen angeben, das Studium der Reibungsbreccien gibt Auskunft über die Art der Bewegungen. Der Zusammenhang zwischen den Dislokationen und den Eruptivmassen vervollständigt das Verständnis der gesamten Geologie des Gebietes. So erhellt in bis dahin ungeahnter Klarheit die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom geologischen Bau, und das Oslogebiet wird ein beliebtes Exkursionsfeld für die Geologen aller Länder.

Unter den zahlreichen anderen tektonischen Untersuchungen Böggers soll nur noch die Abhandlung „Lagfölgen paa Hardangervidden" Erwähnung finden, da hier auch Probleme des norwegischen Hochgebirges behandelt werden. Unter anderem wird zum erstenmal gezeigt, daß hochmetamorphe Gneise über schwach veränderten Phylliten liegen, was für die späteren Forschungen über die Überschiebungstektonik von klärender Bedeutung war.

Noch ein drittes Mal kehren wir zurück zur großen Jugendarbeit Böggers, „Die silurischen Etagen 2 und 3", die eine Programmschrift für den größten Teil seiner Lebensarbeit darstellt. Im dritten Teil des Werkes wird nämlich eine erste Übersicht der Eruptivgesteine des Oslogebietes gegeben. Die fortgesetzten Untersuchungen dieser Gesteine, deren Ergebnisse größtenteils in der mächtigen, aus sieben großen Bänden bestehenden Serie „Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes" (1894—1933) veröffentlicht wurden, sind noch immer für alle Länder vorbildlich. Es ist nicht möglich, hier auch nur über die Hauptzüge des Inhalts zu berichten. Der Gesteinsgrund des Oslogebietes besteht wesentlich aus Alkaligesteinen, und dank der Forschung Böggers ist es eine der bekanntesten Alkaliprovinzen der Welt. Er stellte eine Fülle von neuen Gesteinsnamen auf, von denen manche seither Gemeingut der Petrographen sind; er entdeckte eine Menge von neuen Gesteinsmineralien. Wie bei allen anderen von ihm bearbeiteten Forschungsgegenständen stellte er die Arbeit auf die Grundlage von äußerst eingehenden Beobachtungen und allgemeinen theoretischen Gesichtspunkten, er legte die großen Zusammenhänge klar und zog Gesteinsserien aus aller Welt zum Vergleich heran. So behandelt der dritte Teil des Werks das Predazzogebiet in Südtirol als Vergleichsobjekt. Die Ergebnisse Böggers eröffneten neue Aussichten zum Verständnis des Werdegangs von verschiedenen Gesteinen aus gemeinsamen Magmen, und sein bekannter Satz „Die Differentiationsfolge der Eruptivgesteine ist dieselbe wie die Kristallisationsfolge ihrer Minerale" enthält den Keim der modernen Theorie der Kristallisationsdifferentiation. Der vierte Teil (1921) behandelt das Alkaligesteingebiet von Fen in Telemark. Die Böggersche Deutung der eigentümlichen karbonatführenden Gesteine dieses Gebiets wurde zum Teil umstritten, aber ihr allgemeines Vortreten in anderen Alkaligesteingebieten, worauf schon Brögger hinwies, ist durchaus bestätigt worden, und die von ihm hier dargelegten Gesichtspunkte haben ganz besonders zu der noch immer weitergehenden Dis-

kussion und zum tieferen Verständnis der magmatischen Vorgänge beigetragen. Außer den drei letzten Bänden seines petrographischen Hauptwerkes veröffentlichte BRÖGGER von 1929 ab noch zwei Monographien über archäische Gesteine Südnorwegens (1934 und 1935) und ferner drei größere petrographisch-geologische Arbeiten, die mehrere wichtige neue Funde brachten.

Obwohl zuerst für die biologische Wissenschaft spezialisiert, hatte BRÖGGER schon als Student gründlich auch Mineralogie studiert (u. a. bei P. GROTH in München 1877—1878) und war gut vorbereitet, als er während seiner Stockholmer Zeit dem Studium der damals noch ziemlich jungfräulichen Mineralschätze der Nephelinsyenit- und später der Granitpegmatitgänge Südnorwegens herantrat. Mit seiner gewöhnlichen Gründlichkeit ging er an die Arbeit, und als das Hauptergebnis erschien 1890 als der einzige Aufsatz des 16. Bandes der Zeitschrift für Kristallographie sein monumentales und für alle Zukunft klassisches Großwerk „Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenitpegmatite". Der spezielle Teil enthält eingehende Beschreibungen von nicht weniger als 73 Mineralarten. Während seiner Stockholmer Zeit wurden in seinem Institute im ganzen 27 neue Minerale beschrieben, unter diesen 14 von BRÖGGER selbst. Die Zahl der von ihm aufgestellten Mineralspezies wurde später in Oslo noch ansehnlich vermehrt. Die theoretischen Beiträge BRÖGGERS zur Mineralogie berühren vor allem die kristallographischen Verhältnisse der Mineralarten, wie Isomorphie und Morphotrophie. In einigen Hinsichten sind sie wegweisend für die Entwicklung zur modernen Kristallchemie gewesen.

Um die Jahrhundertwende, nach mehr als ein Jahrzent langer intensiver Arbeit auf dem mineralogisch-petrographischen Gebiete wendete BRÖGGER nochmals sein Interesse auf Forschungen, die seinen ersten Molluskenstudien nahestehen, und vertiefte sich in die Quartärgeologie, dazu angeregt durch die Entdeckungen seines Freundes G. DE GEER in Stockholm. Das schon oben erwähnte Hauptwerk BRÖGGERS auf diesem Gebiete „De senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet" (Untertitel: „Molluskfaunaen") (1900 bis 1901) wurde wieder auf seinem Gebiete grundlegend und ist noch immer unübertroffen. Die von BRÖGGER gründlich studierte fossile Fauna des südnorwegischen Quartärs ist reichlicher und andersartig entwickelt als die des Ostseegebiets und beleuchtet wesentlich die quartäre Geschichte Nordeuropas, besonders die Entwicklung des Klimas. Da die hoch über dem jetzigen Meeresspiegel liegenden alten Ufer in der Postglazialzeit schon von Menschen bewohnt waren, kam BRÖGGER hierbei auch in Berührung mit archäologischen Fragen, für die später sein Sohn A. W. BRÖGGER sich spezialisierte. Auch schon W. C. BRÖGGER behandelte in seiner nächsten großen Arbeit „Strandlinjenes Beliggenhet under stenalderen i det sydöstlige Norge" (1905) eingehend die Entwicklung der steinzeitlichen Kulturen, wie sie sich in den Typen der Äxte und Geräte widerspiegelt.

Von der anregenden, zündenden Lehrertätigkeit BRÖGGERS zeugen lobend seine Schüler, aus deren Kreise viele hervorragende Forscher der nordischen Länder hervorgegangen sind. Wir nennen: aus Norwegen V. M. GOLDSCHMIDT, O. HOLTEDAHL, J. KIAER, J. SCHETELIG (alle seine Nachfolger als Universitätsprofessoren), ferner J. H. L. VOGT und TH. VOGT, aus Schweden H. BÄCKSTRÖM, A. HAMBERG, aus Finnland W. RAMSAY, J. J. SEDERHOLM, aus Dänemark N. V. USSING. Bei der Ausrüstung seiner Institute in Stockholm und Oslo bemühte sich BRÖGGER, die Apparaturen, Bibliotheken und Sammlungen möglichst zeitgemäß und vollständig zu schaffen. In Oslo zeugen die von ihm zustande gebrachten schönen Universitätsinstitute und die naturhistorischen Museen auf Töien sowie das Festsaal- und das Bibliotheksgebäude der Universität, das Gebäude der Wissenschaftsakademie von seiner Tatkraft und seinem Eifer.

Trotz der erstaunlichen Vielseitigkeit war die Lebensarbeit BRÖGGERS einheitlich, indem seine Forschungsgegenstände sich überwiegend um das Oslogebiet gruppierten und von da sich über das übrige Norwegen ausdehnten. Dies war bedingt durch seine Vaterlandsliebe, die ihm half, das Interessante in der reichhaltigen Natur seiner Heimatgegend zu sehen und zu verstehen. Seine meisterhafte Übersicht der Geologie Norwegens (im Werke „Norge i det 19. århundre") schließt mit den folgenden Worten: „So alt wie es ist, so gibt doch sein geologischer Bau uns die Gewißheit, daß es noch lange ein Land der Zukunft sein wird." Gemäß seiner idealistischen Natur war BRÖGGER ein unerschrockener Kämpfer für alles, was er für recht hielt. Dem Verfasser dieser Zeilen ist es eine liebe Pflicht, daran zu erinnern, daß BRÖGGER ein Mitglied der Delegation war, die im Jahre 1899 nach Petersburg reiste, um die „Europäische Adresse", eine von 1050 hervorragenden Vertretern der Wissenschaft und Kultur unterzeichnete Protestschrift gegen die Verletzung der Konstitution Finnlands, dem Zar zu übergeben.

Wir haben die wichtigsten Leistungen W. C. BRÖGGERS erwähnt, nicht um den Inhalt seiner Lebensarbeit zu berichten, sondern um den Lesern ein Bild vom Charakter des Mannes als Forscher zu geben. In der Leichtigkeit, womit er in die verschiedensten Wissensgebiete eindringen konnte, und in dem glühenden Eifer zur Forschung gehört BRÖGGER gewiß zum romantischen Forschertypus nach WILHELM OSTWALD. Andererseits ist ihm gerade eigen die Gründlichkeit, die einen Forscher zum Klassiker macht, und wohl die Mehrzahl seiner großen Werke sind tatsächlich klassisch geworden, indem sie eine Grundlage für weitere Forschung darboten und nur selten mit ernsteren Irrtümern behaftet waren. „Zum Glück, kann man sagen, hat auch BRÖGGER sich bisweilen irren können", sagte Professor O. HOLTEDAHL in seiner Gedächtnisrede an der Norwegischen Wissenschaftsakademie.

PENTTI ESKOLA.

Die Entdeckung paleozäner Säugetiere im deutschen Heimatboden.

Von JOHANNES WEIGELT, Halle a. S.

Bei jeder Form der Verwitterung der über dem Meer gelegenen Festlandsteile kommt es zu einer Entbasung und zur Fortführung der ebenfalls zu den Basen gehörenden färbenden Elektrolyte Eisen und Mangan. Je nach der Temperatur und der Versäuerung durch die Vegetation sind diese Vorgänge mehr oder minder intensiv. In ihren Endstadien entstehen schneeweiße, kalkfreie Bildungen, wie wir sie in den Kaolindecken und sonstigen Bleicherderinden wiederfinden. Aber auch in den marinen Absätzen finden wir schneeweiße Ablagerungen, da der Kalk weiter hinaus getragen wird und später ausfällt als die Elektrolyte, die unter dem Einfluß des faulenden Eiweiß der abgestorbenen Organismen meist küstennah ausfallen als Toneisenstein oder als Schwefeleisen. Schneeweiße Kalke deuten immer auf ein stark von der Verwitterung ausgelaugtes Festland bzw. auf eine große Entfernung von der Küste, graduell kommt das besonders gut zum Ausdruck in der Gliederung schwarzer, brauner und weißer Jura. Zur Zeit der Ablagerung der schweeweißen Jurakalke kam es zu den ersten gebirgsbildenden Bewegungen, denen der neue europäische Kontinent seine Entstehung verdankt. Wir sehen seine Verwitterungsprodukte und die Reste seiner Vegetation in Gestalt von Kohlen in den Wealdenablagerungen der unteren Kreide an der Weser. Dann folgt die Tansgression der unteren Kreide, die nach der Zerstörung der Decke von schützenden Jurakalken die Toneisensteine des schwarzen und braunen Jura in den Salzabwanderungswannen an den Flanken südwest-nordost streichender Salzsättel zu den aus Brauneisen bestehenden Trümmererzlagerstätten von Salzgitter konzentrierte, die uns den Bereich der Küstennähe andeuten.

Am Ende der unteren Kreide wird das Festland noch einmal erheblich verkleinert durch die cenomane Transgression, die einen Meeresraum schafft, in dem schneeweiße Plänerkalke zur Ablagerung kommen. Aber dieses Meer verkleinert sich zusehends, denn mit dem Ausgehen der Kreideformation gehen seine Grenzen ständig zurück durch das Auftauchen von kontinentalen Massen, die, der Schollentektonik entsprechend, mit Inseln und buchtenreichen Küsten auftauchen. Dieses Land aber gewinnt bald an Ausdehnung. Im Bereich von Schlesien, Sachsen und dem östlichen Harzvorland schieben sich die ufernahen Sandsteinfächer, unterbrochen von ebenfalls hellen Tonen und Mergeln, in das Meer hinaus, und die ihnen eingeschalteten unreinen Kohlenflöze und die besonders in den Tonen gut erhaltenen Pflanzenreste zeugen von der intensiven chemischen Verwitterung auf dem Kreidefestland. Sie legen aber weiter Zeugnis davon ab, daß das Zeitalter der Laubbäume angebrochen ist und damit eine große Wende in der Entwicklung der Landfauna. Dementsprechend sind die Ablagerungen des zwischen dem Land im Süden und dem skandinavischen Schild bisquitartig eingeengten Schreibkreidemeeres leuchtend weiß. Etwa 60 Millionen Jahre vor der Gegenwart kommt die Kreideperiode, gekennzeichnet durch die letzten großen Saurier und die aussterbenden Vertreter des Ammonitengeschlechts, zu Ende. Dem deutschen Boden fehlen bereits die jüngsten Schichten der Kreide. Wohl aber finden wir diese sog. dänische Stufe in den Restbecken, in die sich das Kreidemeer nach NW und SO hin auflöst, also z. B. in Dänemark und Schweden. Die Bodenbewegungen gingen weiter. In der dänischen Stufe selbst finden sich Unstetigkeitsflächen, Reliefeintiefungen und Wiederaufhöhungen, Saumriffe u. a. m., und darüber liegen Transgressionskonglomerate, die uns ein ausgedehntes Trockenlaufen des Meeresgebietes vor Augen führen. Aber es hält nicht überall an. In Dänemark und Schweden finden wir gerollte und angebohrte Kreidefossilien, vermischt mit den artenreichen Schalen einer neuen Meeresfauna. In England finden wir die aus gerollten Kreidefeuersteinen entstandenen, für Schmucksteine verschliffenen Puddingsteine. Diese Meeresfaunen, die übrigens auch in den O-Alpen vorkommen und weit nach Rußland hineinreichen, sind nicht leicht miteinander zu vergleichen, weil sie zeitlich streuen und zum Teil Brackwassercharakter aufweisen.

Gelegentlich, wie im Londoner Becken, kommen in diesen Meeresschichten Vogel- und Säugetierknochen vor, und besonders häufig ist das der Fall in der bisher einzigen bedeutenden Säugetierfundstelle dieses *Paleozän* genannten Zeitabschnittes in Europa. Sie fand sich ebenfalls in marinen Konglomeraten in der Nähe von Reims in Frankreich bei Cernay, so daß die durch oberpaleozäne Säugetierreste charakterisierte Stufe als „Cernaysien" bezeichnet wurde. Allerdings haben die Meereswellen die Funde sehr stark zergliedert. Später fand man in N-Amerika sehr viel vollständigere terrestre Säugetierfaunen einschließende paleozäne Schichten, die große Mächtigkeit erreichen und am vollständigsten im San Juan-Becken auftreten, wo 3 Stufen: Puerco unten, Torrejon in der Mitte und Tiffany oben unterschieden wurden. Der europäische Boden ist später Land geworden, so daß wohl nur mit Äquivalenten des Tiffany gerechnet werden kann. Dieser Stufe gehören auch die reichen Säugetierfunde an, deren Bergung uns so unerwarteterweise mitten im Herzen Großdeutschlands gelang. Trotz der ungeheuren Entfernungen sind Tierformen, die wir als Zeitmarken benutzen können, in beiden Kontinenten ganz ähnlich, ja im Falle des durch die Dreispitzigkeit der vergrößerten Vorderzähne seines Oberkiefers ausgezeichneten *Plesiadapis tricuspidens Gerv.* artengleich. Diese Tatsache darf nicht zu sehr

überraschen. Einen Atlantischen Ozean im heutigen Sinne gab es, besonders was seine nördlichen Teile anlangt, im Paleozän nicht. Es führte vielmehr eine Landverbindung von Deutschland und den Teilen Nordfrankreichs und Belgiens, die an die Meereslagunen angrenzend von den Säugern der Stufe von Cernay bewohnt waren, nach dem nordamerikanischen Kontinent, und zwar über Großbritannien, Island, Grönland und Grinnelland. Man darf nun aber keineswegs denken, daß das Hineinreichen dieser Landverbindungen in hohe nördliche Breiten, die damalige Ausbreitung der Pflanzen und Tiere zu unterbrechen imstande war. Die paleozänen Schichten des Nordens führen vielmehr Braunkohlen und zahlreiche Pflanzenreste, die viele Vertreter heute in warmen Zonen lebender Pflanzengattungen aufweisen, von denen ich nur den Brotfruchtbaum nennen will. Botanisch ausgedeutet, herrschte damals auf der Höhe des 70. Breitengrades noch ein Klima wie in Kalifornien, und im Bereich des 80. Breitengrades ein solches, das dem heutigen Mitteleuropa entspricht.

Uns begegnen also auch auf dem paleozänen Festland alle Begleiterscheinungen einer intensiven chemischen Verwitterung, und das ist auch der Grund, warum es so schwer ist, die alttertiäre Lebewelt unserer Heimat nachzuweisen. In einem zusammenfassenden Referat hat der Verf. kürzlich in dieser Zeitschrift über den Stand der Geiseltalforschungen berichtet. Auch noch im Mitteleozän finden wir den Säurespiegel der Humusansammlungen und der intensiven Bleicherdeverwitterung, bei der kein Knochen und kein Zahn der Auflösung entrann. Und wieviel von dieser Tierwelt lebt in humosem Milieu, man denke nur an die zarten Knochen von Molchen, Fröschen, Eidechsen und Kleinsäugern!

Im Geiseltal mußten die komplizierten Faktoren zusammentreten, um Reste dieser Fauna dem erdgeschichtlichen Überlieferungstod durch Säureausflösung zu entziehen, wie: orographischer Schüsselbau der Landschaft, Salzspiegelabsenkung zur Bildung des Speicherraumes der Kohle, Gipskarst des Röt mit Bildung von Erdfällen, Muldenbau des benachbarten Muschelkalks zur Erzeugung karbonatischer Überlaufquellen zur Neutralisierung der alles vernichtenden Pflanzensäuren. Zu diesen schlechten Erhaltungsbedingungen kommt aber für das Paleozän noch hinzu, daß durch prä- und posteozäne Zerstörungsvorgänge Ablagerungen festländischen Charakters aus dieser Zeitepoche überhaupt nicht vorliegen. Wenn es gleichwohl gelungen ist, auch hier die Lücken der Überlieferungen aufs erfolgsreichste zu überbrücken, so war auch hier eine unwahrscheinlich günstige Kombination komplizierter Faktoren notwendig.

Der neue Fundpunkt liegt am SW-Rand der Weferlinger Triasplatte, da wo sie an den Salzstock des Allertales und an den Lappwald angrenzt. Die Fundspalte, deren Gesamtinhalt wir teils der Halde, teils dem Anstehenden entnahmen, streicht ungefähr NS und wurde freigelegt in den Brüchen der neuen Werke der Vereinigten Kalkwerke Walbeck (Provinz Sachsen, Reg.-Bez. Magdeburg, Kreis Gardelegen). Es handelte sich um 33 Tonnen wirbeltierführender Fundschicht, die wegen der Wasserarmut der Fundgegend mit Lastautos zur Werkstatt unseres Hallischen Instituts gefahren wurden und dort mit allerbestem Erfolg in der Werkstatt durchgeschlämmt wurden. Die Ausgrabung im Felde dauerte 63 Tage, hier haben sich besonders Dr. HUNGER und Dr. GUENTHER verdient gemacht, die Schlämmarbeit dauerte noch 30 Tage länger. Die Resultate sind überraschend schön und das Material überaus reichlich. Die Erhaltung kam folgendermaßen zustande:

Das Muschelkalkplateau war landfest geworden und besaß anknüpfend an das Spaltennetz Karstquellen, das Klaffen der Spalten war begünstigt durch die im Süden ausbeißenden Gipse und Salze des unter diesen tiefen Wellenkalkschichten lagernden Röt. Es handelt sich also um Verhältnisse, die den Umständen im Geiseltal ähneln. Um die Karstquellen herum und in den Höhlen entwickelte sich das tägliche Drama des Leidens und Sterbens der Kreatur: Krokodilfraßplätze, beutesuchende Säugetiere, in der Fortpflanzungszeit und in Trockenperioden aufgesuchte Unterschlupfe, wechselnder Wasserstand usw. Von diesem belebten Karst ist direkt nichts mehr erhalten, wohl aber gelangten Reste in das tiefere Spaltensystem, wo wir sie noch 2 m unter der 12 m tiefen Steinbruchsohle ausräumen konnten. Im basischen Medium der Karstschichten überdauerten die Funde primär die Eozänzeit. Die Fundschichten wurden zerstört, als die Weferlinger Triasplatte und zum Schluß mit ihr auch das Weferlinger Muschelkalkplateau unter die Fluten des vorrückenden Unteroligozänmeeres geriet. Die Spalten wurden ausgestrudelt, die Säugetierreste zum Teil gerollt, so daß von über 100 Säugerschädeln nur die harten Felsenbeine wie runde Gerölle übrigblieben. Anderes aber blieb unversehrt. Und so ist ähnlich wie in Frankreich das Muttergestein marin umgelagert. Es ist ein mergeliger Sand mit zerriebenen Resten von Muscheln, ja wir fanden sogar das Schulterblatt eines Urwales (Zeuglodon). Eingestreut sind verockerte Muschelkalkbrocken, spärliche Rollsteine, Versteinerungen aus dem Muschelkalk und kleine Sinterbildungen. Das wichtigste Zeitfossil *Plesiadapis tricuspidens* konnten wir in weit über 100 einzelnen Vorderzähnen, vielen anderen Zähnen, zahlreichen Unterkiefern, bezahnten Oberkieferfragmenten und anderen Skeletteilen bergen. Außerdem wurden noch zwei ihm verwandte Chiromyoiden-Arten festgestellt. Von koboldmakiartigen Halbaffen liegen 200 Unterkiefer und sehr schönes anderes Material vor. Von den primitiven Fleischfressern, den Creodontiern, liegt ein ungeheuer umfangreiches Material vor. Auf sie soll als Beispiel für die zu erwartenden Resultate am Schluß dieses Aufsatzes besonders ein-

gegangen werden. Sie lebten dachs- und bärenartig in den Karsthöhlen und zeigen eigenartige Degenerationsmerkmale. Sehr zahlreich sind die erhaltenen Vogelreste, darunter der Oberschnabelknochen eines Raubvogels und Reste des straußengroßen *Gastornis*, Hautknochen sprechen für die Anwesenheit des Crocodiliden *Weigeltisuchus* und des Alligatoriden *Diplocynodon*, Wirbel und Unterkiefer von Eidechsen vervollständigen das von KUHN beschriebene Bild der Reptilfauna. Tiergeographisch besonders wichtig sind die von HERRE bereits bearbeiteten Molche: ein Axolotl, eine Molchform, die der ostasiatischen Familie der Hynobiiden am nächsten steht, und die damals schon hochspezialisierten Zungenmolche, deren

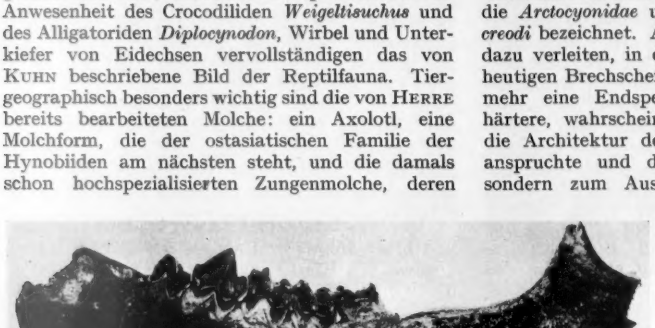


Fig. 1. Unterkiefer der größten bei Walbeck gefundenen Arctocyonidenform. $^2/_3$ natürliche Größe.

zerrissene tiergeographische Verbreitung von heute durch die neuen Funde eine Erklärung erhält.

Warum muß die Fauna von Walbeck älter als Eozän sein? Dafür gibt es positive und negative Merkmale, von denen gerade die letzteren sehr in die Augen fallen. Es fehlen die Nagetiere noch gänzlich, es fehlen die im Eozän schon vorhandenen Unpaarhufer und Paarhufer, dagegen sind die angeblichen Vorläufer der ersteren, die Condylarthren oder Protungulata, vorhanden. Sie stehen den damaligen „Raubtieren", den Creodontiern, noch sehr viel näher, besitzen wehrhafte Eckzähne wie diese, und man kann sie eigentlich nicht Huftiere nennen, weil sie noch keine Hufe, sondern Krallen besaßen. Auch von den Creodontiern bekommt man ein ganz falsches Bild, wenn man sie sich analog der Spezialisation moderner Raubtiere vergegenwärtigen wollte. Sie charakterisieren auch noch das Eozän mit den später aussterbenden acreoden *Mesonychidae*, den pseudocreoden *Hyaenodontidae* und *Oxyaenidae* und den eucreoden, sich weiter entwickelnden *Miacidae*. Im Paleozän herrschen dagegen so gut wie ausschließlich die ebenfalls zu den Eucreodi gehörenden *Arctocyonidae* (Fig. 1), die dementsprechend die Hauptsubstanz der neuen Walbecker Paleozänfauna bilden.

Das Vorkommen ist so massenhaft, wie wir es in jüngeren Faunen nur von Pflanzenfressern kennen, ihre Lebensweise war eben auch mehr frugivor bzw. omnivor, und die Entwicklung ihrer Backzähne ging auch bis zu ihrem Aussterben einen ganz anderen, hochspezialisierten Weg, ganz im Gegensatz zu den *Miacidae*, die sich tatsächlich in den heutigen Fleischfressern fortsetzen und Reißzähne entwickeln. Deswegen hat man auch die *Arctocyonidae* und ihre Verwandten als *Procreodi* bezeichnet. Aber dieser Name darf ja nicht dazu verleiten, in diesen Tieren die Vorstufe der heutigen Brechscherenträger zu sehen. Es ist vielmehr eine Endspezialisierung in Richtung auf härtere, wahrscheinlich pflanzliche Nahrung, die die Architektur des Schädels aufs äußerste beanspruchte und doch nicht zum Ziele führte, sondern zum Aussterben der ganzen Gruppe.

Der Verf. unterzog sich der Mühe, die Einzelzähne nach ihrer Stellung in der Zahnreihe im Ober- und Unterkiefer und in der rechten und linken Körperhälfte zu sondern und in mit Plastiline gefüllten Kästen aufzustecken. Dabei ergab sich die erstaunliche Zahl von etwa 5060 Einzelzähnen, die sich auf 6 Größenklassen verteilen, von denen die größte durch Zurücktreten der Nebenhöcker der oberen Backzähne dem amerikanischen *Claenodon* nähersteht, die übrigen aber dem 5- bzw. 6-höckerigen Typus von *Arctocyon* entsprechen. Bleiben wir zunächst bei den Backzähnen des Oberkiefers. Da finden wir zunächst schwerste Abkauungsgrade mit konkaven Kauflächen oder mit ehemaligen Höckern, von denen nach Durchkauung der Schmelzschicht nur rundliche Näpfchen im Dentin übriggeblieben sind (Fig. 2a). Wir finden weiter schwere Caries in schlimmster Form, wie sie uns an Menschenzähnen nur allzu vertraut ist (Fig. 2b). Diese Backzähne haben überhaupt eine große Ähnlichkeit mit unseren menschlichen Zähnen mit ihren langen Wurzeln und niedrigen Kronen, das typische Kennzeichen einer primitiven Bezahnung. Die nach innen gerichtete Hauptwurzel ist als Druckpfeiler gebogen, die beiden Außenwurzeln streben senkrecht nach unten. Dabei wurde der Vertikalraum des Kiefers, übrigens auch am Unterkiefer, sehr stark in Anspruch genommen. An einer ganzen Reihe von Kiefern ist die knöcherne Wand der Kieferhöhle durchstoßen, so daß die Wurzelbasen ohne trennende Knochenlamelle von untenher zu sehen sind, dabei kommt es zur Verbreiterung der Wurzelbasen offensichtlich durch Wurzelgranulome (Fig. 2c). Zur Vergrößerung der Kauflächen sind die Oberkiefermolaren stark in die Breite gezogen, und die konvexe Innenwurzel rückt noch näher zur Gaumennaht. Wir sehen zunächst, daß auf diesen Kauflächen, die breiter als lang sind, alle

6 Höcker entwickelt sind; also den beiden Außenwurzeln entsprechend das Paracon vorn und das Metacon hinten, der Hauptwurzel entsprechend das Protocon und hinter ihm das Hypocon, dazwischen in der Mitte vorn der Protoconulus und hinten der Metaconulus (Fig. 2d).

In der Horizontalen haben die Zähne im Kiefer die maximale Ausdehnungsmöglichkeit erreicht. Wir wissen, wie spät unsere Weisheitszähne kommen, wie oft sie unter der Raumnot leiden, wie sich die Reduktion des 3. Molaren anbahnt. Bei den *Arctocyoniden* macht sich diese Raumnot geltend dadurch, daß die 2. Außenwurzel des 3. Molaren mit dem Metacon keinen Platz mehr an der labilen Außenseite hat, sondern während des Wachstumsprozesses in die Mitte der Hinterfront des Zahnes gedrängt wird, so daß der Zahn einen rundlich dreieckigen Umriß bekommt. Die Folge dieser Wachstumsbeschränkung ist eine erhebliche, aber schwer erfaßbare Variabilität in der Beschaffenheit der Höcker und der Feinskulptur. Untersucht man eine größere Anzahl von 3. Molaren, so findet man mit den geschilderten Verhältnissen zusammenhängende pathologische Verwachsungen der Wurzeln und ein Konvergieren ihrer Achsen (Fig. 2b).

Die Prämolaren des Oberkiefers sind dreiseitige, dreihöckerige Pyramiden, die nach vorn schief und schneidenartig werden, die Schneidezähne sind klein und reduziert. Von den Unterkiefermolaren (Fig. 9) besitzt der mittlere quadratische Form, der hintere Molar ist nach hinten mit dem Talonid, der erste Molar nach vorn mit dem Trigonid spitz ausgezogen. Die Feinrunzelung der Schmelzkappen und manches erinnert an die analoge Spezialisierung der Bärenzähne, die aber nur konvergent ist. Die Prämolaren des Unterkiefers sind dreispitzig schneidend, aber oft stumpf abgekaut, die Gestalt haarnadelförmig, die vorn nehmen schnell an Größe ab und stehen lückenhaft. Die Eckzähne des Oberkiefers kann man leicht von den sehr viel geraderen des Unterkiefers unterscheiden (Fig. 11a, 11b).

Der Kaudruck war, nach den großen Scheitelkämmen und den kräftigen Jochbogen zu urteilen, überaus stark. Aber die Ernährungsspezialisation geriet in Konflikt mit den Möglichkeiten der Architektur des Schädels ebenso wie mit der Lebensdauer und dem Abnutzungsgrad der Zähne. Das konservative Vordergebiß kontrastierte mit der eingeschlagenen, adaptiven Entwicklung der Backzähne, der ganze Stamm fiel der Vernichtung durch die räuberischen Miaciden und seiner labilen Lebensmöglichkeit wohl in einer Zeit des Klimawandels zum Opfer. Wir können also keine phylogenetische Ableitung von diesen primitiven und doch bis zum letzten möglichen Grade zu Ende spezialisierten Stamm vornehmen.

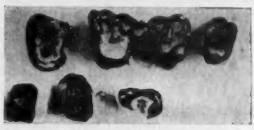


Fig. 2a.

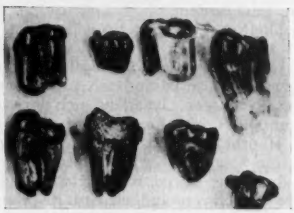


Fig. 2b.

Fig. 2c.

Fig. 2d.

Fig. 2. Zähne von Walbecker Arctocyoniden. Natürliche Größe. a) Abgekaute Molaren. b) Untere Molaren mit zusammengewachsenen Wurzeln. c) Wurzelgranulome an Unterkiefermolaren. d) Zweite Molaren vom Oberkiefer.

Das Riesenmaterial von Walbeck läßt uns die Aufspaltung in einzelne, oft nur durch die Größe unterscheidbare Rassen und Arten kurz vor dem erdgeschichtlichen Stammestod in allen Feinheiten verfolgen.

Die Lichtempfindlichkeit und der Lichtsinn der Tiere.

Von E. MERKER, Gießen.

Der Tierkörper antwortet auf Licht in zweierlei Weise. Die Lichtempfindlichkeit seiner Bausteine unterwirft ihn unbedingt den Lichteinflüssen. Mit Hilfe der Lichtsinnesempfindlichkeit nutzt er jedoch das Licht für sich aus. Die *Lichtempfindlichkeit* eines tierischen Körpers beruht auf der Verletzlichkeit seiner sämtlichen Zellen durch Licht. Einzeller wie Vielzeller sind gleichermaßen gegen Licht empfindlich und können im Lichte Schaden erleiden. Weshalb die Lichtempfindlichkeit bei großen Tieren nicht so

augenfällig wird wie bei kleineren, liegt nicht in einem grundsätzlichen Unterschied begründet, sondern beruht darauf, daß bei größeren Tieren die Lichtwirkung nur die Angelegenheit eines kleinen oberflächlichen Körperabschnittes sein kann, während die darunterliegenden Zellschichten vom Lichte nicht mehr erreicht werden. Die Lichtempfindlichkeit des tierischen Körpers ist daher eine ganz allgemeine Erscheinung, die nicht an irgendwelche Organe gebunden ist. Sie geht auf die Lichtempfindlichkeit des Protoplasmas zurück. Die Abläufe im Protoplasma werden durch Licht beeinflußt und gestört. Das Protoplasma ist durchweg photosensibel für kurzwelliges Licht.

Von der Lichtempfindlichkeit des Tierkörpers ist die *Lichtsinnesempfindlichkeit* der Tiere zu trennen. Der Lichtsinn ist zwar sehr weit verbreitet und biologisch von außerordentlicher Bedeutung, die Lichtempfindlichkeit hat jedoch zweifellos eine noch allgemeinere Verbreitung. Es gibt Tiere oder Tierteile ohne Lichtsinn, die aber lichtempfindlich sind. Vielfach ist der Lichtsinn besonderen Lichtsinnesorganen, den Augen, übertragen. Er findet sich dort zusammengedrängt und in seiner Leistung erheblich gesteigert. Auch als Hautlichtsinn ist er an bestimmte Zellen gebunden, die über den Körper zerstreut sind. Häufig jedoch sind manche Körperabschnitte besonders bevorzugt, was biologisch verständlich wird. Es braucht nur an die größere Lichtsinnesempfindlichkeit am Vorderende und Hinterende des Regenwurms und die Spirographiskiemen erinnert zu werden. Nicht überall hat sich indessen der Hautlichtsinn auf besondere Lichtsinneszellen zurückführen lassen. Möglicherweise kommt er in solchen Fällen allen Hautzellen zu. Trotzdem wird man ihn von der Lichtempfindlichkeit sondern müssen, weil auch die Körperbinnenzellen, denen ein Lichtsinn fehlt, lichtempfindlich sind, obwohl sie vielleicht niemals mit schädigendem Licht zusammenkommen, und weil der Lichtsinn im wesentlichen mit sichtbarem und somit langwelligem Licht arbeitet.

Es liegt die Frage nahe, ob die Lichtempfindlichkeit des Protoplasmas mit dem Lichtsinn irgendwie zusammenhängt. Man glaubt zwar, daß der Lichtsinn nichts neu Erfundenes, sondern der Reizbarkeit des Protoplasmas für Licht entsprossen sei. Eine Beantwortung dieser Frage ist jedoch heute noch sehr schwierig, weil nicht genug Einzelheiten über das Wesen der beiden Erscheinungen bekannt sind. Immerhin kann man auf einiges aufmerksam machen.

Die verschiedenen Lichter im Lichtband des Sonnenlichtes verhalten sich ganz unterschiedlich gegenüber den lebendigen Zellen. Ultrarotes und rotes Licht kann infolge seiner großen Menge als Wärmestrahlung gefährlich werden. Es überhitzt und zerkocht schließlich den Inhalt der Zellen. Kurzwelliges Licht dagegen führt, von der Temperatur unabhängig, durch photochemisch eingeleitete Zersetzung eine Gefährdung der betroffenen Zellen herbei. Das sichtbare Licht ist im wesentlichen ungefährlich. Es lassen sich also über das Lichtband des Sonnenspektrums die Strahlenempfindlichkeiten des tierischen Körpers nebeneinander eintragen. Zum Gebiet des Ultrarots gehört im wesentlichen die Wärmeempfindlichkeit. Die Lichtsinnesempfindlichkeit ist an die farbigen Strahlen gebunden, und die Verletzlichkeit auf photochemischer Grundlage gehört zum Gebiet des kurzwelligen Lichtes. Man sieht, daß in dieser Hinsicht wesentliche Unterschiede zwischen dem Lichtsinn und der Lichtempfindlichkeit bestehen, die mit dem Wegfangen der erregenden Strahlen im Protoplasma zusammenhängen.

Bei vielen Einzellern beobachtet man einen ausgesprochenen Lichtsinn, ohne daß besondere Organzellen dafür vorhanden zu sein brauchen. Da die Tiere auch vom Licht geschädigt werden können, so findet man hier Lichtempfindlichkeit und Lichtsinnesempfindlichkeit in einer Zelle vereinigt. Sonst wird dieses Zusammentreffen nur noch bei Lichtsinneszellen beobachtet. Durch sie kann mitunter das schädigende Licht auch gesehen werden. Das gilt sogar von Strahlen, die im gewöhnlichen Leben der Tiere nie vorkommen, weil sie von der Lufthülle weggefangen werden und überhaupt nicht bis auf die Erdoberfläche gelangen. Die beiden Vorgänge, die dem Lichtsinn und der Lichtsinnesempfindlichkeit zugrunde liegen, treten in einer Lichtsinneszelle nebeneinander auf und sind nur deshalb in ihrer Wirkung zeitlich auseinandergelegt, weil der Sehvorgang rascher abläuft als die Schädigung des Protoplasmas. Auch örtlich liegen beide Vorgänge getrennt. Der Lichtsinn hat die Zersetzung des in genügenden Mengen vorhandenen Sehstoffes zur Voraussetzung, während die Lichtverletzung der Zelle ohne Sehstoff möglich ist. Die Angriffsstellen des kurzwelligen Lichtes in der Zelle sind, soweit heute bekannt, vor allem die Zellwand, äußeres Protoplasma und der Kern.

In kurzwelligem Licht beobachtet man an Eizellen eine Zunahme der Zähflüssigkeit des Protoplasmas (POYNTER u. MORITZ 1923, RUPPERT 1924). Sie beginnt an der Zellwand und breitet sich über den weiteren Zellinhalt aus, wie an Eiern von *Arbacia* festgestellt wurde. Diese Lichtwirkung bleibt aus, wenn die Eier vorher mit Ca-fällendem Ammoniumoxalat behandelt werden (HEILBRUNN u. YOUNG 1930). Froschmuskeln geben beim Bestrahlen mit kurzwelligem Licht Kalziumionen ab (ASHKENAZ 1938). Auch die Haut von Froschkaulquappen läßt Kalziumionen und Natriumionen im Ultraviolett austreten. Umgekehrt halten viele Wassertiere in fruchtbarem, also gut elektrolythaltigem Wasser eine kurzwellige Bestrahlung wesentlich länger aus als in weniger salzhaltigem Wasser. Es ist besonders der kohlensaure Kalk, der diesen Lichtschutz bietet (MERKER 1939, 1940). Hautgewebe zeigt nach Bestrahlung mit kurzwelligem Licht unterhalb 315 mμ, daß die Zellkerne nicht mehr mit Kernfarbstoffen anfärbbar sind. Wie die Feulgen-Reaktion erwies, hängt diese Erscheinung mit dem Abbau der Nucleinsäure im Kern zusammen. Infolge der hohen Absorption des kurzwelligen Lichtes in der Nucleinsäure, die die Absorptionskurve nach CASPERSSON (1936) verrät, hält man den Angriff des Lichtes auf den Kern der Zelle für den Primäraffekt. Tatsächlich fällt die Erythemwirkungskurve der verschiedenen Wellenlängen nach HAUSER u. VAHLE (1921) mit der durch die Durchlässigkeit der Hauthornschicht beeinträchtigten Absorptionskurve der Nucleinsäure zusammen (HAMPERL, HENSCHKE und SCHULZE 1939). Bei dieser Lichtwirkung sind also Mittlerstoffe, wie bei Lichtsinneszellen und den sog. photodynamischen Vorgängen, zweifellos nicht zugegen.

Diese Beispiele erweisen, daß die Lichtempfindlichkeit zu Störungen in den Zellen führt, die vorübergehender Natur sein können, die aber auch zu dauernden Schädigungen Anlaß geben oder den Tod herbeizuführen vermögen. Schwächere Reize dieser Art sind geeignet, den gesunden Körper anzufeuern und ihn in seiner Leistungsfähigkeit zu steigern, den kranken Körper im Kampf gegen die Erkrankung zu stärken (Lichtbäder). Aber alle diese Reize stellen dennoch grundsätzlich eine Schädigung des Körpers dar. Dies geht aus der Tatsache hervor, daß in einem

Körper mit einer unterschwelligen Malaria ein ganz ungefährliches Lichtbad sofort wieder Fieberanfälle nach sich ziehen kann. Das vorher mühsam erreichte Gleichgewicht zwischen den Widerstandskräften des Körpers und den Angriffen der Krankheit im Körper wird zu seinem Ungunsten verschoben. Stärkere Lichtwirkungen können, wie erwähnt, unrettbar zu Siechtum und Tod führen.

Dagegen werden die Vorgänge des Lichtsinnes bereits bei viel geringeren Lichtmengen ausgelöst und sind in keiner Weise als Störungen aufzufassen. Sie sind vielmehr in die Abläufe der Zellen organisch eingebaut und können ohne Schaden beliebig oft wiederholt werden. Man braucht nur die jetzt genauer bekannten photochemischen Vorgänge beim Sehen daraufhin zu prüfen. Lichtempfindliche Sehstoffe verschiedener Art fangen das Licht als Mittlerstoff auf. Sie werden unter seinem Einfluß verändert und können einen Reizstoff liefern, der in den Lichtsinneszellen wirksam wird. Ein solcher Sehstoff ist z. B. das Sehrot. Sein Molekulargewicht wird mit 100000—800000 angegeben. Durch die Höhe des Molekulargewichtes verrät sich seine Proteinnatur. Es gehört jedoch nicht zu den einfachen Proteinen, denn es enthält außer einem Protein noch eine andere Molekelgruppe. Die einen vermuten, daß es ein Protein-Carotinoid sei, während andere in einem Lipoid den lichtempfindlichen Farbstoff sehen, der sich mit dem Protein verbunden hat. Carotinoide Proteine sind häufig vorkommende tierische Pigmente, doch scheint keines außer dem Sehrot in Lichte veränderlich zu sein (HECHT 1938). Offenbar wird das Protein erst durch das Anhängen einer photosensiblen Farbstoffmolekel für sichtbares Licht empfindlich. Die Sehstoffe in den verschiedenen Gruppen der Wirbeltiere sind unterschiedlich gebaut und haben auch abweichende physikalische Eigenschaften (WALD 1937, 1938). Außer dem Sehrot der Sehstäbchen ist neuerdings ein Sehstoff auch für die Sehzapfen entdeckt worden (v. STUDNITZ, 1932). Über gewisse Zwischenstufen werden diese Körper nach der Lichtbleiche im Dunkeln wieder hergestellt. Das Sehrot in unseren Sehstäbchen ist besonders deshalb bemerkenswert geworden, weil es nach Auffassung amerikanischer Forscher einen Kreislauf in der Netzhaut über die carotinoiden Zwischenstufen des Sehgelbs und des Sehweißes, das mit dem Vitamin A gleichgesetzt wird, schließt (WALD, 1934, 1939). Diesen Befunden stehen jedoch Beobachtungen von HAUROWITZ (1933), EULER und ADLER (1934) gegenüber, die mit Sehrotlösungen niemals Reaktionen auf Carotin oder Vitamin A festgestellt haben. KRAUSE (1934, 1937) hält auf Grund mikrochemischer Untersuchungen, die aus 400 mg Sehrot 300 mg Protein und 100 mg Lipoide ergaben, das Sehrot für ein Lipoidprotein. Das photochemische Ausbleichen von neutralen Sehrotlösungen zerfällt in verschiedene Abschnitte, von denen nur der erste einen rein photochemischen Vorgang darstellt. Er ist temperaturunabhängig; an ihn gliedern sich jedoch noch 3 thermische Zerfallsstufen im Dunkeln an. Die reinen Sehrotlösungen haben ein ganz bezeichnendes Spektrum mit einem Maximum bei 500 mμ. Alle anderen Zerfallsstufen sind davon zu unterscheiden, weil ganz andere spektroskopische Maxima auftreten (WALD 1935). Wenn auch diese Angaben nicht einheitlich anerkannt sind, so dürfte doch das Vitamin A bei diesen Vorgängen unerläßlich sein. Wie sehr es zum Stäbchensehen und auch zum Sehen mit Zapfen nötig ist, geht aus der Tatsache hervor, daß bei einem Vitamin A-Mangel als erste nachweisbare Schädigung Nachtblindheit, also vermindertes Sehen mit den Stäbchen, eintritt. Neuerdings ist es gelungen, durch Vitamin A-freie Diät diese Nachtblindheit künstlich zu erzeugen und durch Vitamin A-Gaben zu beheben (HECHT und MANDELBAUM, 1938). Auch bei Menschen, die an Schrumpfleber erkrankt sind, wird ein Vitamin A-Mangel festgestellt, der sich bei längerer Dauer in Hautschäden und Hornhautveränderungen kund tut. Die genannte Lebererkrankung stört den Vitamin A-Stoffwechsel, da das Vitamin A in der Leber aufgespeichert wird. Bei solchen Menschen braucht, wie sich zeigen ließ, die Anpassung der Netzhaut an Dunkelheit doppelt so lange Zeit als bei gesunden. Nach geeigneten Gaben von Vitamin A läßt sich auch dieser Mangel beheben (HAIG, HECHT und PATEK 1938).

Für unsere Betrachtungen ist es belanglos, ob die Vorstellungen über den Aufbau und die Wirksamkeit des Sehrots abgeändert werden müssen oder nicht. Aus allen genannten Tatsachen geht aber hervor, daß vom Körper in den Lichtsinneszellen lebenswichtige Stoffe bereitgestellt werden zum Aufbau von Lichtfängern, die dem Körper das Licht dienstbar machen. Derartiges liegt bei den Vorgängen der Lichtempfindlichkeit nicht zugrunde. Wie früher erwähnt, kann man zeigen, daß es sich hierbei um einmalige Abläufe und keinesfalls um wohlgeordnete Kreisvorgänge handelt. Bei der Lichtwirkung auf den Körper laufen verschiedenartige Vorgänge nebeneinander her, denn nicht alle Wirkungen dieser Strahlen auf den lebendigen Körper sind schädlich. Die Gefährlichkeit der Strahlenwirkung hängt in hohem Maße von der einstrahlenden Lichtmenge ab. Nur große Strahlenmengen sind tödlich, geringere schädigen nur, schwache sind ohne sichtbaren Einfluß. Die Schädigungen sind zwar nicht rückgängig zu machen, können aber mit den Mitteln des Körpers ausgeglichen werden. Selbst unterschwellige Lichtreize dieser Art dürfen nicht beliebig oft wiederholt werden wie die Lichtbleiche der Sehstoffe in den Lichtsinneszellen. Eine Summierung der Wirkung würde unfehlbar zu sichtbaren Schädigungen, wenn nicht gar zum Tode führen. Es macht nicht den Eindruck, daß der Körper auf diese Lichtwirkung irgendwie vorbereitet wäre, sondern daß er sie nur mehr oder weniger gut erträgt, je nach der Abwehr, die ihm zur Verfügung steht. Die Lichtsinneszellen und Lichtsinnesorgane sind dagegen in flacher Ausbildung dem Licht entgegengebreitet, günstig angeordnet und für ihre Aufgabe des Einfangens von Licht wohlgerüstet.

Jeglicher Lichtangriff auf einen lebendigen Körper, ob schwach oder stark, wird in seiner Wirkung im hohen Maße von den jeweils vorhandenen Körperkräften beeinflußt. Diese Beziehung äußert sich dadurch, daß man nachweisen kann, daß die tödliche Lichtmenge für ein Tier nicht von der bestrahlbaren Körperoberfläche abhängig ist, sondern von dem Körperinhalt oder genauer gesagt von dem Verhältnis der bestrahlbaren Körperoberfläche zum gesamten Körperinhalt. Zerteilte Regenwürmer oder Planarien sterben zur gleichen Zeit wie unversehrte Tiere (MERKER 1929; GILBERT 1931). Mit diesen Beziehungen hängt auch die vielfach bei schädlichen Lichtwirkungen beobachtete Erholung der Tiere zusammen. Sie wird sozusagen von Größe und Reichtum des Hinterlandes bestimmt, das zur angegriffenen Front gehört. Auch die Tatsache, daß bei Regenwürmern, Kaulquappen und vier Planarienarten gleicherweise die Schädigung durch Licht und der Lichttod bei hoher Temperatur rascher und unter geringerem Lichtaufwand erfolgte (BEUDT 1930, GILBERT 1931 und MERKER 1936), be-

stätigt diese Beziehungen. Je größer der Körperinhalt, desto mehr weichen die gemessenen Lichtmengen von den photochemischen Gesetzmäßigkeiten ab. Aber selbst beim Lichttod von Bakterien wirkt Wärme beschleunigend (BANG 1905) und bei Spirillen zeigt sich Erholung (METZNER 1920). Es steht nicht zu dem Genannten im Gegensatz, wenn es SCHREIBER 1934 gelungen ist, an Hefezellen nachzuweisen, daß die Erzeugung der Lichtschädigung durch Ultraviolett von der Temperatur ziemlich unabhängig ist, die Erholung aber temperaturabhängig verläuft (n. JORDAN, Naturwiss. 1938). Dieses Ergebnis zeigt, was hinter allen Lichtwirkungen zu vermuten ist, daß die erste und reine Lichtwirkung wie jede photochemische Reaktion temperaturunabhängig verläuft[1]). Demgegenüber ist nichts bekannt, daß der Lichtsinn vom Körperinhalt der Tiere abhängig befunden worden wäre.

Das schädliche Licht greift aber auch auf günstige Weise in den Körper ein. Man braucht nur an die Umwandlung des Provitamins Ergosterin in das antirachitische Vitamin D zu denken, das in der Haut durch kurzwelliges Licht entsteht und dessen Erzeugung natürlich nichts mit dem Lichtsinn zu tun hat. Auch die Bräunung der Haut unter dem Einfluß kurzwelligen Lichtes ist als eine günstige Einrichtung zu betrachten. Es wird in vielen Fällen völlig neues Pigment gebildet, während bei anderen Tieren vorhandenes Pigment in kürzester Frist zur Ausbreitung gelangt. In beiden Fällen wird eine Schutzmaßnahme für den Körper eingeleitet.

Von Körperzellen, die man nicht zu den Lichtsinneszellen rechnet, sind nur wenige für langwelliges Licht empfindlich. Zu ihnen gehören gewisse glatte Muskelzellen, die als Irismuskeln das Sehloch verengen und dadurch die Lichtmenge für die Netzhaut regeln, oder als Chromatophorenmuskeln die Farbzellen der Tintenfische zur Ausbreitung bringen. Es hat sich gezeigt, daß die Irismuskeln von Fischen und Lurchen um das Sehloch lichtempfindlich sind. Dort sieht man braune Pigmentkörnchen angehäuft. Den anderen Muskelzellen dagegen fehlen Pigment und Lichtreizbarkeit (STEINACH 1892, 1901 und GUTH 1901). Auch nach dem Herausnehmen der Muskeln und ihrer Behandlung mit Atropin zur Ausschaltung von vermuteten Nervenendigungen bleibt das Zusammenziehen im Lichte völlig erhalten. Daraus geht hervor, daß diese Muskelzellen unmittelbar durch Licht reizbar sind.

Nervensysteme ohne Pigment erweisen sich nur durch kurzwelliges Licht erregbar. Der Bauchstrang von *Sipunculus* jedoch, von Pigment umsponnen, wird von langwelligem Licht unmittelbar gereizt (HERTEL 1906).

Die Chromatophoren der Cephalopoden jeder Farbe werden durch ultraviolette Strahlen in Bewegung versetzt. Auf die gelben Zellen wirken von langwelligen Strahlen nur die blauen, während gelbes Licht nur auf die roten Zellen Einfluß hat. Diese Verhältnisse entsprechen den Absorptionsbändern der Zellen (HERTEL 1906). Alle diese Zellen werden offenbar durch die Gegenwart von Pigment sensibilisiert. Sie können beliebig oft gereizt werden und antworten, wenn nicht Ungewöhnliches verlangt wird, ebenso oft. Hierdurch stehen sie zweifellos den Vorgängen in Lichtsinneszellen nahe.

Es gibt nun eine Möglichkeit, jede gewöhnliche Körperzelle künstlich auch für langwelliges Licht hochempfindlich zu machen. Sie besteht darin, daß man den Zellen gewisse lichtempfindliche fluoreszierende Farbstoffe einverleibt. Derartige Stoffe sind u. a. bestimmte Vitalfarbstoffe, die im lebenden Zustande fast ohne Schädigung von den Zellen aufgenommen werden können. Als Farbstoffe fangen sie aus dem Lichtband der Sonne nur ganz bestimmte Abschnitte heraus und vermögen diese Lichtwellen in den lebenden Zellen zur Wirkung zu bringen. Voraussetzung ist nur, daß eine Beziehung der lichtempfindlichen Farbstoffe mit dem Protoplasma hergestellt wird, die übrigens auch schon im Dunkeln besteht (JODLBAUER und HAFFNER 1921). Man kann hier geradezu von künstlichen Pigmenten reden, die nicht als Schutzpigmente wirken, sondern infolge ihrer Lichtzersetzlichkeit anregende Pigmente sind. Von vornherein darf man erwarten, daß eine Übertragung der Lichtenergie durch diese Stoffe nicht wohlgeordnet und organisch planmäßig sein kann, sondern daß grobe Störungen auftreten. Trotz dieser Erwartungen ist es außerordentlich überraschend zu sehen, wie mit Neutralrot lebend gefärbte feuchthäutige Wassertiere im Lichte rasch zusammenbrechen und sterben (MERKER 1923, 1925, 1926). Dieser grobe Eingriff in das Getriebe der Zellen tritt mit unfehlbarer Sicherheit jedesmal ein, auch wenn man andersartige lichtempfindliche Farbstoffe und in ganz verdünnter Lösung den Zellen einverleibt. TAPPEINER (1909), in dessen Institut diese seltsamen Vorgänge zum ersten Male gesehen wurden (RAAB 1900), hat sie als photodynamische Erscheinung bezeichnet und genau studiert. Im Verlaufe der Prüfung dieser Frage hat sich die wichtige Tatsache ergeben (HAUSMANN 1911), daß der Körper selbst in seinem gewöhnlichen oder auch krankhaften Stoffwechsel derartige fluoreszierende Stoffe zu liefern vermag, die ihn für Tageslicht oder Sonnenlicht sensibilisieren und die dadurch giftig und im höchsten Grade schädlich, wenn nicht gar tödlich, zu wirken vermögen. Derartige Stoffe sind u. a. die Porphyrine (Hämatoporphyrin, Kotporphyrin und Urinporphyrin), die als Abkömmlinge des Hämoglobins im Körper von Wirbellosen und Wirbeltieren auftreten. Auch viele Pflanzen liefern derartige Stoffe. Sie entstehen zum Teil schon durch den Zerfall des Chlorophylls, das ja selbst als photochemisch wirksamer Körper auch noch das Phylloporphyrin liefert; andere kommen im Buchweizen vor, und es ist eine bekannte Tatsache, daß weißscheckige Rinder und Ziegen durch Buchweizen lichtkrank werden. Wieder andere liefert die Farbwurzel Lachnanthes, und wenn in Florida weiße Schweine auf der Weide davon fressen, gehen sie im Lichte zugrunde, während schwarze gesund bleiben.

Bezeichnenderweise ist nun das Verhalten der durch photochemisch wirksame Stoffe sensibilisierten Tiere im Lichte dem Benehmen der ungefärbten Tiere im kurzwelligen Lichte außerordentlich ähnlich. Obwohl es ganz sicher ist, daß der Mechanismus dieser beiden Lichtangriffe Unterschiede aufweist, erkennt man sofort, daß die Lichtempfindlichkeit der gefärbten Tiere gewaltig gesteigert wurde. Alle die Vorgänge bei einer Lichtschädigung künstlich sensibilisierter Tiere verlaufen stürmischer und rascher als selbst in starkem kurzwelligem Licht, wenn dieses auch nachhaltiger wirkt. Offenbar werden auch die Gene durch

[1]) Die Angabe von v. STUDNITZ (1940, 36) über die geringe Temperaturabhängigkeit lichtempfindlicher *Zellen und Gewebe* beruht auf einem Irrtum. Die dort erwähnte Temperaturzahl von 1,125 bezieht sich bei allen genannten Schriftstellen nur auf *Invertase*, die sich mit und ohne fluoreszierende Stoffe als lichtempfindlich erwies und bei der ein Temperaturanstieg von 20° die oben erwähnte Wirkungssteigerung hatte (HANNES u. JODLBAUER 1908).

Eosin sensibilisiert. Weder Licht allein, noch Eosin allein bewirken eine Erhöhung der Mutabilität, wohl aber Eosin im Licht. Damit ist auch für Versuche mit photochemischen Farbstoffen der Angriff auf den Kern und ihre Innenwirkung erwiesen (DOERING 1938).

Daß der Lichtsinn selbst nicht auf „photodynamischen" Wirkungen beruht, geht aus der Tatsache hervor, daß die photochemischen Einwirkungen der Farbstoffe ebenfalls nicht wiederholbar sind, und läßt sich durch die folgenden Versuche beweisen. MERKER (1939) (vgl. auch GILBERT 1931) hatte die beiden Enden von Regenwürmern abgetrennt und damit die Lichtsinneszellen in ihrer Mehrzahl entfernt. Alle Teile der Regenwürmer ertrugen dieselben Lichtmengen ohne Unterschiede, also kann in den Lichtsinneszellen nicht eine besonders rasche Zerstörung durch Licht eingetreten sein. Es erscheint nicht notwendig, daß die Sehstoffe „photodynamische" Körper sind, und wenn fluoreszierende lichtempfindliche Stoffe als Sensibilisatoren Verwendung finden, so kann ihre photodynamische Fähigkeit stark gedämpft oder gar aufgehoben werden. Man hat beobachten können, daß photochemische Farbstoffe bei Zusatz von Eiweiß, Zucker und anderen Kohlehydraten ihre zerstörende Wirkung nicht mehr entfalten. JODLBAUER (1926) gibt der Adsorption der Farbstoffe an die Eiweißkörper die Schuld, die schon durch die Verschiebung des Absorptionsspektrums zu erkennen sei. Doch verschiebt sich das Wirkungsspektrum der in die Zelle eingedrungenen tödlichen Farbstoffe ebenfalls nach Rot (METZNER 1924). SCHMIDT und NORMAN (1920) zeigten, daß die hemmenden Eiweißstoffe tyrosin- oder tryptophanhaltig, also leicht oxydabel sein müssen. Auch andere O_2-Fänger, wie Gallussäure, Pyrogallol und Resorcin, unterbinden den Angriff der Farbstoffe im Lichte wie Natriumsulfit (SACHAROFF und SACHS 1905). So findet man das Hämatoporphyrin als Pigment in der Haut vieler Tiere (MAC MUNN 1886), offenbar ohne daß es gefährlich wird.

Die beispielsweise aus Regenwürmern ausgezogene Lösung des Porphyrins vermag Blutkörperchen rasch im Lichte zu vernichten. In den Hautzellen fluoreszieren die Porphyrinkörnchen nach STUEBEL (1911) und DHÉRÉ (1932) nicht. Der Farbstoff ist in kristallinem und daher offenbar unwirksamem Zustand abgelagert (SCHMIDT 1934). Ob der „photodynamisch" unwirksame Zustand stets mit dem Unterdrücken der Fluoreszenz einhergeht, ist keineswegs sicher. Chlorophyll fluoresziert in den lebenden Blättern (STRUGGER 1939), und man weiß von ihm, daß es stark „photodynamisch" wirksam ist, wenn man es aus den Blättern löst (HAUSMANN 1908, HAUSMANN und KOLMER 1908). Es unterscheidet sich dann nicht vom Eosin, Neutralrot oder dem Hämatoporphyrin. In den lebenden Pflanzen aber kann es unmöglich diese Wirkung besitzen, denn sonst wären alle grünen Blätter sehr bald zerstört. Es muß also das Chlorophyll im Lebenden sozusagen gebändigt sein; seine Fähigkeiten und Energien müssen derart gelenkt werden, daß sie günstig wirken und nicht zerstörend. NOACK (1925) hat festgestellt, daß bei Hemmung der Assimilation durch CO_2-Entzug, Behandlung des lebenden Blattes mit Phenylurethan oder mit schwefliger Säure im Lichte die Chlorophyllphotoreaktion aus ihrer vorgeschriebenen Bahn ausbricht und die Chloroplastenfarbstoffe selbst angreift und ausbleicht, ja, daß das Protoplasma selbst in einer Art „photodynamischer" Wirkung zerstört wird. Diese kurzen Andeutungen mögen den schmalen Weg erkennen lassen, auf dem an sich gefährliche Stoffe zu segensreicher Wirkung gelangen.

Wir können mit gutem Recht alle diese Vorgänge der Zerstörung durch kurzwelliges Licht oder durch langwelliges Licht mit Hilfe von photochemischen Stoffen zusammenfassen und den wohlgeordneten und planmäßigen Abläufen beim Lichtsinn gegenüberstellen, und man wird erkennen, wie groß der Abstand von der Lichtempfindlichkeit bis zur Lichtsinnesempfindlichkeit ist. Unsere kurzen Angaben über die photochemischen Fähigkeiten des Chlorophylls deuten jedoch bereits Beziehungen zwischen schädlichen und günstigen Lichteinflüssen an. Es liegen noch weitere Beobachtungen vor, die zwischen beiden Erscheinungsgruppen höchst bedeutsame Verbindungen herzustellen imstande sind. Zu der einen Art dieser Feststellungen gehören die bereits erwähnten rein photomotorischen Pigmentzellen und die durch natürliche Pigmente sensibilisierten glatten Irismuskeln. Die anderen Beobachtungen gehen auf künstliche Empfindlichmachung von Einzellern durch photochemisch wirksame Farbstoffe zurück und sind wegen ihrer leichten experimentellen Zugänglichkeit noch wichtiger. An verschiedenen Protozoen, die für gewöhnlich keine ausgesprochene Phototaxis zeigen, und an Spirillen gelang es METZNER (1921 und 1924) mit Hilfe von lichtempfindlichen Farbstoffen, eine künstliche Lichtsinnesempfindlichkeit hervorzurufen. Im Verlaufe des photochemischen Lichtangriffes suchten diese Einzeller deutlich das Licht oder flohen es. Die Reizstärke dieser induzierten Phototaxis wurde durch die Lichtstärke, die Farbstoffmenge und durch die vorhandene Sauerstoffmenge bedingt. Sie ließ sich durch Abänderung der genannten Bedingungen beeinflussen. Läßt man zunächst geringe Lichtmengen wirken, so werden die Tiere zum Aufsuchen des Lichtes veranlaßt. Eine Steigerung des Lichtes macht sie gleichgültig. Bei starken Lichtmengen werden sie lichtflüchtig und sterben danach durch den gleichzeitig erfolgenden Lichtangriff. Diese Vorgänge scheinen, wenigstens für eine Zeitlang, wiederholbar zu sein.

In diesem Zusammenhang erinnert man sich an die Ergebnisse von WO. OSTWALD (1908), der nachgewiesen hat, daß positiv heliotaktische Tiere reich an Katalase sind und wenig Peroxydase enthalten. Die negativ heliotaktischen Tiere zeigen umgekehrte Verhältnisse, und bei zeitlich wechselnder Heliotaxis ändert sich auch das Verhältnis der beiden oxydativen Fermente. Da die Katalase sehr stark lichtverletzlich ist, wird sie beim Aufenthalt der Tiere im Licht zersetzt und ihr Verhältnis verschiebt sich zugunsten der Peroxydase. Diese Beobachtungen stehen weitgehend im Einklang mit der Tatsache, wonach die Protozoen, denen eine künstliche Phototaxis beigebracht wurde, zunächst positiv und bei weiter zunehmendem Licht negativ heliotaktisch wurden. Da die Katalase im Lichte rasch geschädigt wird (ZELLER und JODLBAUER 1908), ist die nachfolgende negative Heliotaxis verständlich. Nicht erklärlich ist nach dieser Auffassung die anfängliche positive Heliotaxis. Katalase müßte danach im Überschuß vorhanden sein, was aber bei den ursprünglich indifferenten Tieren nicht zu erwarten ist. Vermutlich hat METZNER (1924) recht, der annimmt, daß bei der Belichtung neben den gewöhnlichen Reaktionen der Oxydasen auch noch die Farbstoffperoxyde Oxydationen ausführen, die bei schwacher Reizstärke des Lichtes, den natürlichen ähnlich, auf eine Steigerung der Lebenstätigkeit hinauslaufen und zur positiven Heliotaxis führen. Hieraus wird ersichtlich, wie nahe die natürliche Phototaxis und die künstliche Phototaxis beieinanderstehen.

Trotz dieser Zwischenstufen bleiben jedoch die Unterschiede zwischen der Lichtempfindlichkeit und der Lichtsinnesempfindlichkeit erhalten und dürfen nicht übersehen werden.

Literatur.

S. Bang, Mitt. Finsens med. Lichtinst. **2** (1901). — Beudt, Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. **47** (1930). — T. Casperson, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **73**, Suppl. 8 (1936). — Ch. Dhéré, C. r. Acad. Sci. Paris **195** (1932). — Doering, Naturwiss. **1938**. — Euler u. Adler, Ark. Kemi, Mineral., Geol. **11** B (1934). — Gilbert, Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. **49** (1931). — E. Guth, Pflügers Arch. **85** (1901). — Ch. Haig, S. Hecht u. A. Patek, Science (N. Y.) **1** (1939). — Hamperl, Henschke, u. Schulze, Naturwiss. **1939**, 486. — Hannes u. Jodlbauer, Biochem. Z. **21** (1909). — Haurowitz, Med. Klin. **29** (1933). — Hauser u. Vahle, Strahlenther. **1921**, 13. — W. Hausmann, Biochem. Z. **12** (1908); **30** (1911). — W. Hausmann u. W. Kolmer, Biochem. Z. **15** (1909). — Hecht, Proc. nat. acad. Sci U. S. A. **24** (1938). — S. Hecht u. J. Mandelbaum, Science (N. Y.) **2** (1938). — Heilbrunn u. Young, Physiolog. Zoölogy **3**, 330 (1930). — E. Hertel, Z. allg. Physiol. **6** (1906). — Jodlbauer, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **17**, Korrelationen 3 (1926). — Jodlbauer u. Haffner, Biochem.Z **118** (1921). — A. C. Krause, Hopkins Press. Baltimore **1934** — Arch. Ophthalm. **18** (1937). — Ledoux-Lebard, Ann. Inst. Pasteur **16** (1902). — C. A. MacMunn, J. of Physiol. **7** (1886). — E. Merker, Zool. Anz. **57** (1923) — Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. **42** (1925); **42** (1926); **56** (1936). — Verh. zool. Ges. **1929**. — Naturwiss. **1939**, 470; **1940**, 30. — Metzner, Biochem. Z. **101** (1919); **113** (1921); **148** (1924). — Noack, Z. Bot. **17** (1925). — Wo. Ostwald. Biochem. Z. **10** (1908). — Poynter u. Moritz, J. of exper. Zool. **37** (1923). — O. Raab, Z. Biol. **39** (1900); **44** (1902). — Ruppert, Z.Zool. **123** (1924). — Sacharoff u. Sachs, Münch. med.Wschr. **7** (1905). — W. J. Schmidt, Z. Morph. u. Ökol. Tiere **28** (1934). — Schmidt u. Normann, J. inf. Dis. **27** (1920). — E. Steinach, Pflügers Arch. **52** (1892); **87** (1901). — H. Schreiber, Strahlentherapie **49** (1934). — H. Stuebel, Pflügers Arch. **142** (1911). — S. Strugger, Biol. Zbl. **59** (1939). — v. Srudnitz, Pflügers Arch. **230** (1932). — G. v. Studnitz, Physiologie des Sehens. Leipzig 1940. — H. v. Tappeiner, Erg. Physiol. **8** (1909). — Thiele u. C. Wolf, Arch. f. Hyg. **57** (1906); **60** (1907). — G. Wald Nature (Lond.) **134** (1934); **139** (1937) — J. gen. Physiol. **19** (1935); **21** (1938); **22** (1939). — M. Zeller u. A. Jodlbauer, Biochem. Z. **8** (1908).

Elektronen-Mikroskopie und -Beugung hochdisperser Mineralien an demselben Präparat*).

Von H. O'Daniel und O. E. Radczewski, Berlin-Dahlem.

In Verfolg der elektronenmikroskopischen Untersuchungen hochdisperser Mineralien[1]) lag das Bedürfnis auf der Hand, diese Substanzen auch in ihrem hochdispersen Zustand auf ihren Feinbau hin zu prüfen. Es interessierte, ob die Struktur gewissen beschränkten Veränderungen dabei unterworfen ist. Die bei den fraktionierten Korngrößenanalysen anfallenden Substanzmengen sind häufig so gering, daß eine mit der elektronenmikroskopischen parallel laufende Röntgen-Untersuchung sich nur schwer ermöglichen läßt. Besonders aber galt es, an *demselben* Präparat, an dem die elektronenmikroskopischen Studien durchgeführt wurden und dessen Einzelheiten infolgedessen genauestens bekannt waren, auch Untersuchungen über den vorliegenden Feinbau vornehmen zu können. Einer Anregung des einen von uns (O'D.) folgend, wählten wir hierzu die Methode der Elektronenbeugung. Es gelang, das elektronenmikroskopisch geprüfte Präparat in eine Elektronenbeugungskamera zu übertragen, und der erste Versuch, für dessen Durchführung wir Herrn Prof. Dr. Menzer am Kaiser Wilhelm-Institut für Physik zu Dank verpflichtet sind, zeigte, wie erwartet, daß der beschrittene Weg zu prinzipiell guten Ergebnissen führte.

Nun lag es nahe, das Elektronenmikroskop selbst unter Ausschaltung der Spulen als Beugungskamera zu benutzen. In Wiederaufnahme eines frühen, uns erst nachträglich bekanntgewordenen Versuches von B. v. Borries und E. Ruska[2]) wurde der von dem einen von uns (O'D.) dem Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens & Halske A.G. dahingehend gemachte Vorschlag aufgegriffen und zeitigte vorzügliche Erfolge. Die Aufnahmen sind von höchster Qualität. Während bei zunehmender Dispergierung die Diskussion einer mit gebräuchlichen Wellenlängen gemachten Röntgenaufnahme in bezug auf die vorliegende Struktur durch die zunehmende Verbreiterung der Interferenzlinien erschwert wird, sind dank der wesentlich kleineren de Broglie-Wellenlängen der Elektronenstrahlen selbst bei höchster Dispergierung diese Interferenzlinien noch äußerst scharf; bei geeigneter Dicke des Präparates liegt die Linienschärfe beachtlich über der der Röntgenaufnahmen. Außerdem liegt hier der Vorteil gegenüber der entsprechenden Röntgenaufnahme auch bei der ausgezeichneten Monochromasie der Strahlung, dem wesentlich geringeren Zeitaufwand durch Vermeidung der erneuten Herrichtung eines Präparates und der verschwindend kleinen Belichtungszeit von etwa 1 Sekunde.

Die erste Eichung wurde durch mehrere Aufnahmen von Goldsol vorgenommen. Die Größe der Aufnahmen wird durch den lichten Durchmesser der Projektionsspule bestimmt und beträgt auf einer 6,5 × 9-Platte 57 mm Durchmesser. Der Abstand Präparat—Platte ist $589{,}3 \pm_1$ mm (hierbei ist also der mögliche Fehler $< 0{,}02\,\%$). Die korrekturfreie Berechnung erfolgt über $\operatorname{tg} 2\vartheta = r/x$ (r = Radius des Interferenzkreises, x = Abstand Präparat—Platte), bzw. die Braggsche und die quadratischen Formeln. Bei den vorliegenden kleinen Glanzwinkeln ist innerhalb der

*) Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Silikatforschung und dem Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens & Halske A.G. Eingegangen den 7. September 1940.

[1]) W. Eitel, H. O. Müller u. O. E. Radczewski, Ber. dtsch. keram. Ges. **20**, 165—180 (1939). — W. Eitel u. O. E. Radczewski, Naturwiss. **28**, 397—399 (1940).

[2]) B. v. Borries u. E. Ruska, Z. Physik. **83**, 187 bis 193 (1933).

Meßfehler ein Gleichsetzen von $\operatorname{tg}\vartheta = \vartheta = \sin\vartheta$ erlaubt, was die Rechnung sehr vereinfacht. Bei der angegebenen Größe der Aufnahme und der benutzten Wellenlänge bzw. Spannung ist der größte zur Registrierung gelangende Glanzwinkel $\vartheta = 1{,}5°$ bei zentrischer Aufnahme, dem immerhin ein Winkel von 57,5° einer Röntgenaufnahme mit $Cu_{K\alpha}$ entspricht. Bei Neigung des Primärstrahles um das Präparat als Mittelpunkt können auch weiter außen liegende Interferenzkreise mit größerem ϑ noch erfaßt werden, wobei jedoch ein ähnliches Gleichsetzen von tg und sin nur beschränkend noch erlaubt ist. Durch Indizierung der Goldaufnahmen ergab sich bei einer benutzten Spannung von $\sim$74 kV ein λ von $0{,}0434_9$ Å, zu dessen Berechnung entscheidend nur die am besten vermeßbaren Werte von (111), (220) und (311) herangezogen wurden. Dieser λ-Wert ist nicht durch eine an sich denkbare Remanenz der Abbildungsspulen verfälscht, worauf von E. RUSKA in einer besonderen Veröffentlichung[3]) noch näher eingegangen werden wird. Um jedoch jeden möglichen und vielleicht nur schwer zu kontrollierenden Fehlerfaktor, der in die Bestimmung von λ eingehen könnte, unschädlich zu machen, verfahren wir praktisch so, daß nach der elektronenmikroskopischen Untersuchung des Präparates durch entsprechende Detailaufnahmen bei starker Vergrößerung der Polschuhträger der Projektionsspule entfernt wird, was leicht und in kurzer Zeit zu erledigen ist. Hierauf wird eine Übersichtsaufnahme bei $\sim$1000facher Vergrößerung gemacht, dann folgt die Elektronenbeugungsaufnahme. Nach dem Ausschleusen des Präparates und dem Einschleusen der Vergleichssubstanz, für die wir in der Folge vielleicht CdJ_2 wählen werden, folgt schließlich die Eichaufnahme, ohne daß also zwischen diesen beiden letzten Aufnahmen die Schaltung der Hochspannungsanlage verändert wurde und die Objektivspule unter Spannung war. (Ist das Präparat sehr empfindlich, so wird man die starken Vergrößerungen zuletzt machen.) Dadurch wird ein möglicher Fehler die ϑ-Werte bzw. den λ-Wert *beider* Aufnahmen in gleichem Maße verfälschen und entsprechend eliminiert werden.

Zur ersten Prüfung haben wir die in früheren Arbeiten schon des öfteren diskutierten Mineralien Montmorillonit und Kaolinit gewählt. Der Montmorillonit ist die Schlämmfraktion $< 1\,\mu$ des amerikanischen Bentonits von Wyoming, der Kaolinit ist ebenfalls die Fraktion $< 1\,\mu$ einer Sedimentationsanalyse von Zettlitzer Kaolin.

Beide Aufnahmen sind praktisch identisch; Montmorillonit zeigt die bekannten[4]) $(hk0)$-Interferenzen mit ungewöhnlicher Annäherung an die theoretisch berechneten Werte, bei Kaolinit fehlen die normalerweise noch auftretenden (hkl)-Interferenzen.

Eine ähnliche Indizierung wie für Montmorillonit ließe sich also mit gleichem Recht für Kaolinit durchführen, wenn nicht (hkl)-Netzebenen mit sehr benachbarten d-Werten[5]) und zum Teil stärkeren Intensitäten als die $(hk0)$-Interferenzen unbedingt eine entsprechende Berücksichtigung verlangten. Die $(00l)$-Interferenzen fehlen bei beiden Aufnahmen. Es entspricht dies den Erwartungen gemäß der Tatsache, daß sehr „glatte" Flächen — und dies werden wohl bei Kristallen mit Schichtstruktur die dieser parallelen Flächen sein — auf Grund der hohen Absorption der Elektronenstrahlen keine diskreten Interferenzen, sondern nur einen diffusen Untergrund liefern. Das Nichtauftreten der $(00l)$-Interferenzen kann also aus Beugungsaufnahmen von Montmorillonit nicht als Beweis für die weitestgehende „Peptisierung" zumal in dieser Richtung bis auf wenige oder nur ein Schichtpaket angeführt werden; es spricht vielmehr nur für die „Glätte" der $(00l)$-Schichtpakete. Hierdurch können diese Interferenzen auch dann nicht erscheinen, wenn, wie Fig. 1 zeigt, der Montmorillonit-„Film" beim Trocknen

	Montmorillonit				*Kaolinit*		
Nr.	Intensität	$2r$	d	(hkl)	Intensität	$2r$	d
1	s. s. st.	11,45	4,477	110, 020	s. st.	11,5	4,458
2	st. verw.	19,95	2,569	130, 200	s. st. verw.	20,0	2,563
3	s.	22,88	2,240	220, 040	s.	23,0	2,229
4	m. +	30,31	1,691	240, 310, 150	m.	30,4	1,686
5	s. st.	34,28	1,495	330, 060	s. s. st.	34,5	1,486
6	m.	39,75	1,290	260, 400	m.	39,8	1,288
7	m.	41,25	1,243	420, 350, 170	m.	41,5	1,235
8	s.	45,8	1,119	440, 080	s.	46,0	1,114
9	s.	49,9	1,027	280, 370, 510	s.	50,1	1,023
10	s.	52,8	0,971	190, 460, 530	s.	53,0	0,967

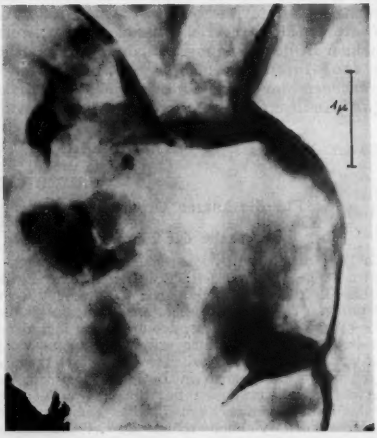


Fig. 1. (III 485/40.) Montmorillonit $< 1\,\mu$, elektronenopt. Vergr. 15000:1.

[3]) Wissenschaftl. Veröffentl. Siemens, Werkstoff-Sonderheft (1940), im Druck.

[4]) Z. B. E. MAEGDEFRAU u. U. HOFMANN, Z. Krist. **98**, 299–323 (1937).

[5]) J. W. GRUNER, Z. Krist. **83**, 75–88 (1932).

auf der Folie Falten wirft und durch entsprechende Aufrichtung der Schichten dieselben, wenn überhaupt möglich, in (von der Röntgenstrahlung aus gesehen) reflexionsfähige Stellung zum Primärstrahl kommen.

Ebensowenig können wir also bei Kaolinit (00*l*)-Interferenzen erwarten. Wie die elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt, war die Folienunterlage des Präparates gerissen und nach der Mitte der Blende zusammengeschrumpft, wobei wohl eine große Anzahl der Blättchen sich aufgerichtet haben dürfte; trotzdem erscheinen in der Beugungsaufnahme ordnungsgemäß keine (00*l*)-Interferenzen. Jedoch trotz der im oben besprochenen Sinne zur Diskussion mit heranzuziehenden (*hkl*)-Indizierungen, die den (*hk*0)-Interferenzen benachbarte ϑ-Werte haben, sind die Kreise der Kaolinitaufnahme nicht etwa verwaschener gegenüber denen der Montmorillonitaufnahme. Wir werden dieser Tatsache in der Folge noch nachgehen.

Außerdem sind wir an der Arbeit, mit Hilfe des Mikromanipulators Einkristalle der hochdispersen Fraktionen zu isolieren, um auch von ihnen elektronenmikroskopische *und* Beugungs-Aufnahmen zur strukturellen Prüfung zu erhalten. Die ersten dahingehenden Versuche erwiesen sich als aussichtsreich; wir werden darüber später berichten.

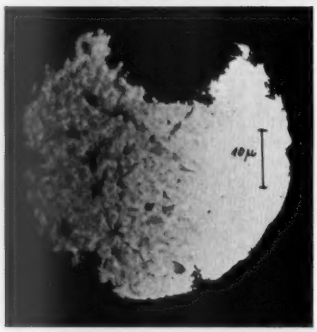


Fig. 2. (B 2985/40.) Montmorillonit $< 1\ \mu$, elektronenopt. Vergr. 900:1. Aufnahme E. Ruska.

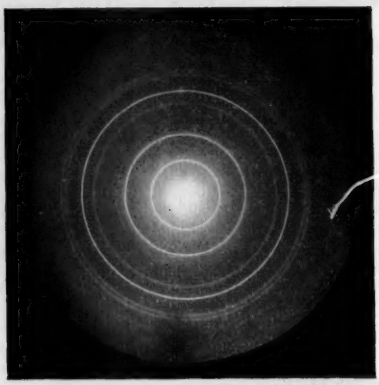


Fig. 3. (B 2984/40.) Montmorillonit $< 1\ \mu$, $\lambda = 0{,}0434_9$ Å. Aufnahme E. Ruska.

Wir danken Herrn Prof. Dr. Eitel für sein lebhaftes Interesse und für seine Förderung der Arbeit.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über die Ursache der Föhnkrankheit.

Als Erklärung der physiologischen Föhnwirkungen sind in Betracht gezogen worden: 1. luftelektrische Einflüsse; 2. rasche Luftdruckschwankungen; 3. Fremdgase in der Atmosphäre. Die erste dieser Erklärungsmöglichkeiten kann — trotz der Beliebtheit, deren sie sich in Laien- und Medizinerkreisen noch immer erfreut — heute wohl als definitiv ausgeschieden angesehen werden. Die letztgenannte kann ebenfalls kaum noch in Betracht kommen, da sie schwerwiegenden Einwänden unterliegt; vor allem bietet sie keine Deutungsmöglichkeit für die Tatsache, daß die Föhnbeschwerden vielfach schon im „Vorföhnstadium" eintreten, während in der Höhe bereits der Föhn eingesetzt hat, im Tal dagegen zunächst noch kältere Luft liegt, über welcher die wärmere Luft absinkt.

Die Zurückführung der physiologischen Föhnwirkung auf kurzperiodische Luftdruckschwankungen, die neuerdings durch Flohn[1]) wieder in den Vordergrund gestellt worden ist, scheint auf Grund der Ergebnisse von Storm van Leeuwen[2]) und Mitarbeitern ebenfalls ernsten Schwierigkeiten ausgesetzt. Diese Verfasser zogen aus ihren ausgedehnten Untersuchungen folgende Schlüsse: Luftelektrische Einflüsse oder Fremdgase kommen nicht als Erklärungsmöglichkeit in Betracht. Kurzperiodische Schwankungen des Luftdrucks kommen ebenfalls nicht in Betracht, obwohl sich gezeigt hat, daß künstlich erzeugte Schwingungen mit Perioden, die bei etwa 0,1 Sek. liegen, physiologisch ungünstige Wirkungen ausüben. Als einziges positives Resultat hat sich jedoch eine Beseitigung der Föhnbeschwerden bei Einatmung *ausgewaschener* Föhnluft ergeben. Es ist die Absicht diese Note, darauf hinzuweisen, daß diese Schlüsse nicht überzeugend begründet sind.

1. Die Nichtwirksamkeit der fraglichen kurzperiodischen Schwankungen wurde erschlossen aus der Tatsache, daß Zimmerräume *Resonanz* für diese Frequenzen ergaben; es ist also anzunehmen, daß entsprechende Eigenschwingungen auch allgemein durch starke Winde erregt werden können. Die erzielten Meßresultate schließen jedoch in keiner Weise die Möglichkeit aus, daß derartige Schwingungsfrequenzen gerade beim Föhn stark hervortreten und durch Resonanz besonders starke Wirkungen in Zimmerräumen hervorrufen. Da gewisse Erfahrungen zu zeigen scheinen[3]), daß die pathogenen Wetterwirkungen häufig im Zimmer stärker sind als im Freien, gewinnt diese Möglichkeit an Wahrscheinlichkeit.

2. Das Experiment mit der gewaschenen Föhnluft wurde derart ausgeführt, daß dem Versuchsraum ein Luftstrom zugeleitet wurde, der vorher durch einen Zylinder ging, in welchem ständig Wasser zerstäubt wurde. Diese Anordnung dürfte aber nicht nur Reinheit der Luft garantieren, *sondern auch für Unterdrückung der fraglichen Schwingungsfrequenzen sorgen.*

Die Ergebnisse von Storm van Leeuwen und Mitarbeitern scheinen uns also die Druckschwankungstheorie der Föhnkrankheit nicht nur nicht zu widerlegen, sondern im Gegenteil zu unterstützen. Obwohl noch keineswegs wirklich bewiesen — ausgedehntere Messungen wären wünschenswert —, gewinnt diese Theorie dadurch sehr an

Gewicht, daß sie die *einzige* überhaupt noch mögliche zu sein scheint. Auch die Ergebnisse von FLOHN und Mitarbeitern betreffs der pathogenen Wirksamkeit von Wetterfronten und „freiem Föhn" (Absinken oberhalb einer Inversion, was eine dem Vorföhnstadium analoge Situation ergibt) sprechen, wie FLOHN mit Recht betont, für diese Deutung.

Als eine für praktische Bedürfnisse in Sanatorien usw. wichtige Folgerung würde sich ergeben, daß man *föhngeschützte Räume* anlegen könnte in prinzipiell gleicher Weise wie schalldämpfende Räume.

Z. Z. Flugstützpunkt Hamburg-Fu, den 9. September 1940. P. JORDAN.

[1]) H. FLOHN, Z. Hyg. 121, 588 (1939). — Bioklim. Beibl. 1938, 4.
[2]) W. STORM VAN LEEUWEN usw., Gerlands Beitr. z. Geoph. 44, 400 (1935).
[3]) Nach freundlicher Auskunft von Herrn FLOHN.

Anreicherung des künstlich radioaktiven Arsenisotops $^{76}_{33}As$.

Die Trennung künstlich radioaktiver Isotope von dem bestrahlten inaktiven Element wird nach verschiedenen Verfahren durchgeführt, die sich auf einen von SZILARD und CHALMERS[1]) angegebenen Versuch aufbauen. Nach diesen Methoden ist eine bedeutende Anreicherung unter Ausnutzung der Tatsache möglich, daß im allgemeinen die durch Bestrahlung organisch gebundener Atome entstehenden radioaktiven Atome als Ionen vorliegen[2]). Die Verfahren sind im Fall des Arsens jedoch nicht ohne weiteres brauchbar, da sie die Verwendung einer in Wasser unlöslichen, nichtionisierten organischen Verbindung erfordern. Die hier in Frage kommenden Arsenverbindungen sind wegen ihrer Giftigkeit und Zersetzlichkeit dazu wenig geeignet. Deshalb war es wünschenswert, die in Wasser sehr leicht lösliche Kakodylsäure $(CH_3)_2AsOOH$ zur Verwendung zu bringen, denn diese besitzt alle anderen zur Erzielung möglichst starker Präparate erforderlichen Eigenschaften, da sie auch in größeren Mengen bequem zu beschaffen ist und sich vor allem durch große Beständigkeit auszeichnet. Die letzte Eigenschaft ließ erhoffen, die von FAY und PANETH[3]) bei Bestrahlung des sehr zersetzlichen AsH_3 erzielten Anreicherungen, die bei Verzicht auf große Ausbeuten höchstens bis zu einem Faktor von der Größenordnung 10^4 getrieben werden konnten, bedeutend zu übertreffen. Es wurde daher ein neues Verfahren ausgearbeitet, das die Verwendung von Kakodylsäure gestattet und folgende Arbeitsgänge umfaßt: 1. Eine zunächst noch unvollkommene Anreicherung des radioaktiven As durch Adsorption. 2. Vollkommene Trennung von der bestrahlten As-Verbindung durch chemische Fällung unter Verwendung einer Trägersubstanz und 3. Isolierung und Abscheidung des radioaktiven As. Der genaue Arbeitsgang sei an einem Beispiel wiedergegeben.

1,1 kg $(CH_3)_2AsOONa$ in 3 l H_2O gelöst wurde 26 Stunden mit einer in der Mitte der Lösung befindlichen Neutronenquelle aus 450 mg Ra + Be bestrahlt und 2mal mit MgO ausgeschüttelt, das einige Tage in H_2O suspendiert war. Nach Filtration und kurzem Auswaschen des MgO mit H_2O wurde es in HCl gelöst und aus der Lösung unter Zugabe von NH_4Cl, einiger Tropfen H_2O_2 und etwas H_3PO_4 mit 2,5proz. NH_3-Lösung $MgNH_4PO_4$ ausgefällt[4]). Das aktive As wird dabei zu 100% als mit dem Phosphat isomorphes $MgNH_4AsO_4$ abgeschieden, während das durch Adsorption am MgO in Form von Kakodylsäure mitgeführte As in Lösung bleibt, da deren Magnesiumsalz leicht löslich ist. Die Trennung von der Phosphorsäure, Abscheidung und Bestimmung der anwesenden Menge inaktiven Arsens geschieht am besten nach dem von MARSH angegebenen Verfahren durch Überführung in AsH_3 und Zersetzung zu As[4]).

Nach dem vorliegenden Verfahren wurden im Elektroskop meßbare Aktivitäten erhalten, die 0,001 mg Radiumäquivalent RaE bzw. am Zählrohr Ausschlägen von $1{,}6 \cdot 10^6$ Teilchen pro Minute entsprachen, eine Zahl, die bei der verwendeten Zählanordnung etwa 10% der insgesamt ausgesandten Teilchen darstellt. Der Gehalt der Präparate an inaktivem As betrug höchstens $^1/_{10}$ mg und war wohl auf Zersetzung der Kakodylsäure, zum Teil durch die mit der Bestrahlung verbundene γ-Strahlung zurückzuführen. Daraus errechnet sich ein Anreicherungsfaktor von mindestens 10^7, dieser kann im Bedarfsfall durch besonders gründliche Reinigung der Kakodylsäure sicher noch vergrößert werden.

Herrn Dr. O. ERBACHER danke ich für freundliche Unterstützung der Arbeit.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, den 15. September 1940. KURT STARKE.

[1]) L. SZILARD u. T. A. CHALMERS, Nature 134, 462 (1934).
[2]) O. ERBACHER u. K. PHILIPP, Ber. dtsch. chem. Ges. 69, 893 (1936) — Z. physik. Chem (A) 179, 263 (1937).
[3]) J. W. J. FAY u. F. A. PANETH, J. chem. Soc. Lond. 1936, 384.
[4]) Siehe z. B. Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie von F. P. TREADWELL.

Besprechungen.

STAUDINGER, HERMANN, **Organische Kolloidchemie.** Erschienen in der Sammlung „Die Wissenschaft". Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik. Band 93. Hrsg. v. WILHELM WESTPHAL. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1940. VII, 185 S. u. 21 Abbild. 14 cm × 22 cm. Preis geh. RM 9.80, geb. RM 11.60.

Das vorliegende, klar und überzeugend geschriebene Büchlein gibt eine Übersicht über Untersuchungen an makromolekularen Stoffen, die den Verf. zu einer neuen Systematik geführt haben. In der neuen Einteilung erfolgt eine Trennung der organischen von den anorganischen Kolloiden. Erstere werden wiederum in lyophobe (= Dispersoidkolloide) und lyophile Kolloide eingeteilt. Letztere Gruppe zerfällt entsprechend ihrem inneren Aufbau in Molekülkolloide und Micellkolloide. Nach der Form der Kolloide können Linearkolloide und Sphärokolloide unterschieden werden. In der vorliegenden Schrift werden im wesentlichen diejenigen organischen Kolloide behandelt, deren Aufbau durch Methoden der organischen Chemie erkannt wurde, z. B. die synthetischen Hochpolymeren, Polysaccharide, Kautschuk, also Stoffe, die entsprechend der neuen Systematik in die Gruppe der Molekülkolloide gehören. Als maßgebend für das Verhalten der kolloiden Lösungen sind insbesondere Aufbau, Größe und Gestalt derselben behandelt. Es ist sehr zu begrüßen, daß in dem Abschnitt „Molekulargewicht, Micellgewicht und Teilchengewicht" der Begriff Molekulargewicht klar umrissen wird. Gerade dieser Begriff ist in der Kolloidchemie vielfach mißbraucht worden. Es sei hier folgender Satz des Autors nochmals angeführt: „Da aber bei Hunderttausenden von organischen Verbindungen der Begriff Molekulargewicht im chemischen Sinne gebraucht wird, so wird sich deshalb die Kolloidchemie der in der organischen Chemie üblichen Terminologie in Zukunft anschließen müssen und die Bezeichnung „Molekül" nur im chemischen Sinne gebrauchen", d. h. das Molekulargewicht einer Verbindung ist die Summe der Gewichte der Atome, die im kleinsten Teilchen durch Hauptvalenzen gebunden sind. In einem Schlußkapitel wird dargelegt, wie die Kenntnis der makromolekularen Chemie es ermöglichen wird, auch tiefer in die biologischen Prozesse einzudringen, eine Tatsache, die jedem auf physiologisch-chemischem Gebiet Arbeitenden überzeugend und klar ist. Die Eiweißstoffe sind hierfür wohl das beste Beispiel, in deren Konstitutionsaufklärung wir heute erst in den ersten Anfängen stehen.

H. BREDERECK.

JUNG, KARL, **Kleine Erdbebenkunde.** (Verständliche Wissenschaft. Bd. 37.) Berlin: Julius Springer 1938. V, 159 S. und 95 Abbild. 11 cm × 18 cm. Preis geb. RM 4.80.

Was der Autor in diesem Büchlein bietet, ist volkstümliche Wissenschaft im besten Sinne. Die Klarheit des Stils und die Fähigkeit, auch komplizierte Dinge einfach und übersichtlich an Hand von Beispielen darzustellen, ermöglichen es ihm, durchwegs ein hohes wissenschaftliches Niveau zu bewahren, wie man es in populärwissenschaftlichen Büchern nur selten antrifft. Obschon diese Erdbebenkunde für gebildete Laien geschrieben ist, werden auch Fachleute und besonders die Vertreter der benachbarten Wissenszweige diese ausgezeichnete Darstellung des heutigen Standes der Seismologie mit Freude und Nutzen lesen.

Auch in Ländern, die von zerstörenden Erdbeben verschont bleiben, wendet sich das allgemeine Interesse der Seismologie zu, da deren Methoden immer mehr und mit wachsendem Erfolg auf technische Probleme angewandt werden. Sie spielen bei der Suche nach Bodenschätzen und neuerdings auch in der Meeres- und Atmosphärenforschung eine bedeutende Rolle (angewandte Seismik, Echolot, Explosionsschallwellen). Unsere Kenntnis von den unerreichbaren, tieferen Teilen der Erdkruste und vom gesamten Erdinnern hat in den letzten Jahrzehnten dank der Seismologie gewaltige Fortschritte gemacht.

Diese Vielseitigkeit der Erdbebenkunde wird eindringlich dargestellt, nachdem in den vorhergehenden Abschnitten die Grundbegriffe, die Vorgänge im Schüttergebiet, die Verbreitung, Natur und Ursache der Erdbeben sowie die Seismographen und Untersuchungsmethoden geschildert wurden. Auch auf die erst in den letzten Jahren bekanntgewordenen, ihrer Natur nach noch rätselhaften Erdbeben mit tiefen Herden und auf andere aktuelle Probleme wird gebührend hingewiesen.

Die zahlreichen, gut ausgewählten und schön reproduzierten Abbildungen und Diagramme ergänzen den Text vorzüglich. Eine Liste der wichtigsten deutschen und japanischen Literatur weist dem Lernbegierigen den Weg zum gründlicheren Studium, und ein ausführliches Sachverzeichnis erhöht den Wert der in jeder Hinsicht empfehlenswerten kleinen Monographie.

A. RITTMANN, Basel.

MICHEL-DURAND, E., **Le phosphore des végétaux.** Son rôle dans l'énergétique cellulaire. II. Phosphore lipidique. (Les problèmes biologiques, XXII.) Paris: Presses Universitaires de France 1939. IV, 82 S. 15 cm × 23 cm. Preis brosch. Frcs 25.—.

Ein Sammelreferat über pflanzliche Lipoide und Phosphatide zu verfassen, ist insofern eine undankbare Aufgabe, als vorläufig über die Bedeutung der Lipoide für die Pflanzenzelle fast nur theoretische Vorstellungen bestehen. So enthält die vorliegende Monographie an gesicherten Ergebnissen nur eine Zusammenstellung der chemischen Eigenschaften der Phosphatide, ihres Vorkommens bei verschiedenen Pflanzengruppen und ihrer Verteilung in den einzelnen Geweben, wobei die neueste Literatur keine vollständige Berücksichtigung findet. Auch über den Umsatz der Phosphatide und Lipoide in der Pflanze und die dabei wirksamen Enzymsysteme ist noch recht wenig bekannt; hier bringt Verf. seinerseits einen Beitrag, indem er für die Hefezelle ein Schema der Phosphatidentstehung im Zusammenhang mit der anaeroben und aeroben Phase des Kohlehydratabbaus aufstellt und begründet.

A. PIRSON, Berlin-Dahlem.

TERROINE, ÉMILE F., **Le métabolisme de l'azote.** La physiologie des substances protéiques. II. Dégradation, synthèse, métabolisme intermédiaire. Fascicule 1: Le catabolisme protidique. (Les problèmes biologiques, XXIII.) Paris: Presses Universitaires de France 1939. XII, 164 S. 16 cm × 24 cm. Preis brosch. Frcs. 40.—.

Dem schon vor einigen Jahren erschienenen Sammelreferat über Verdauung und Resorption der Stickstoffverbindungen im Tierkörper folgt nun vom gleichen Autor ein weiterer Band der Monographienreihe, in dem der Versuch gemacht wird, den Abbau des Eiweißes im intermediären Stoffwechsel gesondert darzustellen. Um den wenig übersichtlichen Stoff auf beschränktem Raum zu bewältigen, begnügt sich Verf. mit einem etwas schematisch gegliederten Referat des vorliegenden Schrifttums. Der erste Teil faßt allgemeine Probleme (Abbaugeschwindigkeit und ihre Beeinflussung) mit chemisch-physiologischen Fragen zusammen, wobei jedoch auf die letzteren nur auszugsweise eingegangen wird. Danach wird der Einfluß pathologischer und experimenteller Veränderungen innerer Organe auf den Proteinabbau behandelt. Ein verhältnismäßig umfangreicher Abschnitt umfaßt die Rolle der innersekretorischen Drüsen auf den Eiweißumsatz. Schließlich wird auf Untersuchungen hingewiesen, in denen Beziehungen des Proteinabbaus zur Vitaminversorgung und zur Funktion des Nervensystems zum Ausdruck kommen. — Weitere Bände über den Abbau der Aminosäuren und über Proteinsynthese sind in Vorbereitung.

A. PIRSON, Berlin-Dahlem.

GEITLER, LOTHAR, **Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1940 IV, 27 S., 8 Abb. 13 cm × 22 cm. Preis brosch. RM 1,50.

Die Chromosomenforschung hat sich heute sehr weitgehend von der klassischen Mikrotomtechnik freigemacht und ist zu der Untersuchung isolierter ganzer Zellen übergegangen. Damit ist nicht nur ein einwandfreieres, sondern auch wesentlich vereinfachtes Verfahren vorherrschend geworden, das auch bei Vererbungs- und Züchtungsuntersuchungen, bei denen der cytologische Befund nicht Selbstzweck ist, schnelle Auskunft ergibt. GEITLER hat in seiner Schrift die wichtigsten Methoden zusamengestellt (Ausstrich- und Quetschverfahren; Karminessigsäurefärbung; Osmiumsäurefixierung und Gram- oder Safraninfärbung), wobei er aber nicht nur Rezepte gibt, sondern auch die Leistungen der einzelnen Verfahren gegeneinander abwägt und so der unkritischen Anwendung vorbeugt.

H. BAUER, Berlin-Dahlem.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.